



TUGAS AKHIR - MN 141581

**DESAIN KAPAL MOTOR PENYEBERANGAN DENGAN
SISTEM PENGGERAK HIBRIDA UNTUK RUTE UJUNG
SURABAYA-KAMAL BANGKALAN**

**Dwi Agustin
NRP 4113100014**

**Dosen Pembimbing
Ir. Hesty Anita Kurniawati, M.Sc.**

**DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2017**



TUGAS AKHIR - MN 141581

**DESAIN KAPAL MOTOR PENYEBERANGAN DENGAN
SISTEM PENGGERAK HIBRIDA UNTUK RUTE UJUNG
SURABAYA-KAMAL BANGKALAN**

**Dwi Agustin
NRP 4113100014**

**Dosen Pembimbing
Ir. Hesty Anita Kurniawati, M.Sc.**

**DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2017**



FINAL PROJECT - MN 141581

**DESIGN OF PASSENGER SHIP WITH HYBRID
PROPULSION SYSTEM FOR UJUNG SURABAYA-KAMAL
BANGKALAN ROUTE**

**Dwi Agustin
NRP 4113100014**

**Supervisor
Ir. Hesty Anita Kurniawati, M.Sc.**

**DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA
2017**

LEMBAR PENGESAHAN

DESAIN KAPAL MOTOR PENYEBERANGAN DENGAN SISTEM PENGGERAK HIBRIDA UNTUK RUTE UJUNG SURABAYA-KAMAL BANGKALAN

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

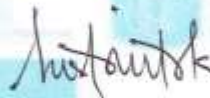
Bidang Keahlian Rekayasa Perkapalan – Desain Kapal
Program Sarjana Departemen Teknik Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

DWI AGUSTIN
NRP 4113100014

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

Dosen Pembimbing



Ir. Hesty Anita Kurniawati, M.Sc.
NIP 19681212 199402 2 001

Mengetahui,
Kepala Departemen Teknik Perkapalan



Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D.
NIP 19640210 198903 1 001

SURABAYA, 18 JULI 2017

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas karunianya Tugas Akhir “**Desain Kapal Motor Penyeberangan dengan Sistem Penggerak Hibrida untuk Rute Ujung Surabaya-Kamal Bangkalan**” dapat diselesaikan dengan baik.

Pada kesempatan ini Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang membantu penyelesaian Tugas Akhir ini, yaitu:

1. Ir. Hesty Anita Kurniawati, M.Sc. selaku Dosen Pembimbing atas bimbingan dan motivasinya selama pengerjaan dan penyusunan Tugas Akhir ini;
2. Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D. selaku Kepala Departemen Teknik Perkapalan ITS;
3. Hasanudin, S.T., M.T. selaku Kepala Laboratorium Desain Kapal Departemen Teknik Perkapalan FTK ITS atas bantuannya selama pengerjaan Tugas Akhir ini dan atas ijin pemakaian fasilitas laboratorium;
4. Septia Hardy Sujiatanti, S.T., M.T. selaku Dosen Wali;
5. Dedi Budi Purwanto, S.T., M.T, Hasanudin, S.T., M.T, dan Ahmad Nasirudin, S.T., M.Eng selaku Dosen Penguji Tugas Akhir;
6. Danu Utama, S.T., M.T. selaku Dosen Desain Kapal yang telah memberikan saran dan masukan Tugas Akhir;
7. Keluarga Penulis, Ibu Suciati, Bapak Abdul Kamid, Kakak Sholikhhan Juni Arianto, Raudatil Fitriyana yang telah menjadi motivator penulis untuk meraih masa depan;
8. Astiti selaku *roomate* selama kuliah, Fafa sebagai teman yang bisa diandalkan sejak SMP hingga sekarang, Dwiko yang telah membantu ide Tugas Akhir, Seta, Idris, Indra, Eric, Bembenk, Mayangkara yang senantiasa menemani penulis selama masa perkuliahan;
9. Pepe, Sena, Bayu, Artha, Tusan, Kevin, Arie, Indra, dan Mas Suto selaku teman-teman seperjuangan bimbingan Tugas Akhir;
10. Wasis Tri Siskal 2013, Desy Statistika 2013 atas bantuan pendalaman materi TA;
11. Dan semua pihak yang telah membantu menyelesaikan Tugas Akhir ini, yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, sehingga kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan. Akhir kata semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak.

Surabaya, Juli 2017

Dwi Agustin

DESAIN KAPAL MOTOR PENYEBERANGAN DENGAN SISTEM PENGGERAK HIBRIDA UNTUK RUTE UJUNG SURABAYA-KAMAL BANGKALAN

Nama Mahasiswa : Dwi Agustin
NRP : 4113100014
Departemen / Fakultas : Teknik Perkapalan / Teknologi Kelautan
Dosen Pembimbing : Ir. Hesty Anita Kurniawati, M.Sc.

ABSTRAK

Kondisi Penyeberangan Ujung-Kamal yang semakin sepi penumpang membuat Pengusaha ASDP terus merugi hingga berniat menutup jalur penyeberangan ini. Salah satu faktor penyebab adalah tingginya biaya operasional untuk bahan bakar BBM. Selain itu, Surabaya merupakan salah satu kota dengan tingkat emisi gas buang yang tinggi dari kendaraan bermotor dengan bahan bakar BBM. Tugas Akhir ini bermaksud memberikan solusi untuk mengurangi jumlah emisi gas buang serta bisa menghemat pemakaian bahan bakar BBM dengan memasukkan konsep kapal dengan sistem penggerak hibrida. Jenis hibrida yang digunakan adalah mesin diesel, *hydrogen fuel cell*, dan *solar panel cell*. *Payload* dari Kapal Motor Penyeberangan ini merupakan jumlah pengguna jasa angkutan Ujung-Kamalyang diperoleh dari PT. Angkutan Sungai Danau dan Penyeberangan (ASDP). Kemudian dari jumlah pengguna jasa angkutan dibuat gambar awal untuk menghitung *payload* luasan geladak (geladak penumpang dan kendaraan), sehingga didapatkan ukuran utama kapal dari *layout* geladak penumpang dan kendaraan. Setelah itu dilakukan perhitungan teknis berupa perhitungan berat, *trim*, *freeboard*, dan stabilitas. Ukuran utama yang didapatkan adalah $L_{pp} = 42$ m; $B = 6.9$ m; $H = 3$ m; $T = 2$ m. Tinggi *freeboard* minimum sebesar 150 mm, besarnya *tonnage* kapal adalah 295 GT, dan kondisi stabilitas Kapal Motor Penyeberangan memenuhi kriteria *Intact Stability (IS) Code* Reg. III/3.1. Biaya pembangunan kapal baru sebesar Rp 13,173,344,991.91 dengan BEP pada bulan ke-68, sehingga kapal ini layak untuk dibangun.

Kata kunci: Emisi, hibrida (*hydrogen fuel cell*, mesin diesel, dan *solar panel cell*), kapal motor penyeberangan, Ujung Kamal

DESIGN OF PASSENGER SHIP WITH HYBRID PROPULSION SYSTEM FOR UJUNG SURABAYA-KAMAL BANGKALAN ROUTE

Author : Dwi Agustin
ID No. : 4113100014
Dept. / Faculty: Naval Architecture / Marine Technology
Supervisor : Ir. Hesty Anita Kurniawati, M.Sc.

ABSTRACT

The condition of crossing from Ujung to Kamal make loss to PT. ASDP that they plan to close this route. One of the many factors is high operational cost. Besides that, Surabaya is one of the cities in Indonesia with high emission gas. This final project gives solutions to reduce emission gas and reduce the use fossil fuel with hybrid-propulsion concept. The type of hybrid used in this final project are diesel engine, hydrogen fuel cell, and solar panel cell. Payloads of this passenger ship is the amount of passenger crossing from Ujung-Kamal of PT. ASDP. From that data, an initial design is made to determine deck area payload (passenger deck and vehicle deck) so that the main dimension of the vessel is obtained from the decks layout. In continuance, ratio of main dimensions are calculate. There should be a technical calculation concerning on weight, trim, freeboard, and stability. The main dimension calculated are $L_{pp} = 42$ m; $B = 6.9$ m; $H = 3$ m; $T = 2$ m. The minimum freeboard height is 150 mm, tonnage capacity is 295 GT, and the stability condition of the Passenger Ship has passed the criteria of *Intact Stability (IS) Code* Reg. III/3.1). The ship building cost is Rp 13,173,344,991.91 with the BEP on the 68th month, so the ship is feasible to be built.

Keywords: Emission, hybrid (diesel engine, hydrogen fuel cell, and solar panel cell), passenger ship, Ujung Kamal

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
LEMBAR REVISI.....	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PERUNTUKAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR SIMBOL	xiv
Bab I PENDAHULUAN	1
I.1. Latar Belakang Masalah.....	1
I.2. Perumusan Masalah.....	3
I.3. Tujuan.....	3
I.4. Batasan Masalah.....	3
I.5. Manfaat.....	4
I.6. Hipotesis.....	4
Bab II STUDI LITERATUR	5
II.1. Dasar Teori.....	5
II.1.1. Kapal Motor Penyeberangan	5
II.1.2. MARPOL ANNEX VI	7
II.1.3. Desain Spiral	7
II.1.4. Propulsi Kapal	8
II.1.5. Perhitungan Stabilitas	9
II.1.6. Perhitungan <i>Freeboard</i>	13
II.1.7. <i>Forecasting</i>	14
II.2. Tinjauan Pustaka	16
II.2.1. Emisi.....	16
II.2.2. <i>Hydrogen Fuel Cell</i>	16
II.2.3. Bahan Bakar Hidrogen	18
II.2.4. Solar Panel.....	18
II.2.5. Sistem Hibrida	19
II.2.6. Sistem <i>Lashing</i>	19
II.2.7. <i>Safety Plan</i>	21
II.2.8. Analisis Ekonomis.....	26
II.3. Tinjauan Wilayah	27
Bab III METODOLOGI	29
III.1. Diagram Alir	29
III.2. Tahap Pengerjaan	30
III.2.1. Tahap Identifikasi Masalah.....	30
III.2.2. Tahap Studi Literatur	30
III.2.3. Tahap Pengumpulan Data	30
III.2.4. Tahap Pengolahan Data	31

III.2.5.	Tahap Perencanaan	31
III.2.6.	Perhitungan Biaya.....	32
III.2.7.	Kesimpulan dan Saran	32
Bab IV	ANALISIS TEKNIS	33
IV.1.	Umum.....	33
IV.2.	Penentuan <i>Payload</i>	33
IV.3.	Penentuan Ukuran Utama.....	39
IV.4.	Perhitungan Teknis.....	41
IV.4.1.	Perhitungan Hambatan Kapal	41
IV.4.2.	Perhitungan Berat Baja Kapal.....	42
IV.4.3.	Perhitungan Berat Peralatan dan Perlengkapan	42
IV.4.4.	Perhitungan Permesinan	43
IV.4.5.	Perhitungan LWT	43
IV.4.6.	Perhitungan DWT	44
IV.4.7.	Perhitungan Displasemen Kapal	45
IV.4.8.	Perhitungan <i>Trim</i>	45
IV.4.9.	Perhitungan <i>Freeboard</i>	46
IV.4.10.	Perhitungan Stabilitas	47
IV.5.	<i>Ramp Door</i>	48
IV.6.	<i>Electrical Arrangement</i>	48
IV.6.1.	Proses Elektrolisis <i>Fuel Cell Stack</i>	48
IV.6.2.	Cara Kerja <i>Hydrogen Fuel Cell</i>	49
IV.6.3.	Kebutuhan <i>Hydrogen Fuel Cell</i>	50
IV.6.4.	Pemilihan Baterai	53
IV.6.5.	Kebutuhan <i>Solar Panel Cell</i>	54
IV.7.	Skenario Sistem Penggerak Kapal	57
IV.8.	Pembuatan <i>Lines Plan</i>	57
IV.9.	Pembuatan <i>General Arrangement</i>	60
IV.9.1.	<i>Side Elevation</i>	60
IV.9.2.	Rumah Geladak (<i>Deck House</i>)	61
IV.9.3.	Geladak Utama (<i>Main Deck</i>)	61
IV.9.4.	<i>Below Main Deck</i>	61
IV.10.	Pembuatan <i>Safety Plan</i>	62
IV.10.1.	<i>Life Saving Appliances</i>	62
IV.10.2.	<i>Fire Control Equipment</i>	67
IV.11.	Pemeriksaan <i>Navigation Bridge Visibility</i> dan Sistem <i>Lashing</i>	68
IV.12.	Pemodelan 3 Dimensi.....	69
Bab V	ANALISIS EKONOMIS.....	73
V.1.	Perhitungan Estimasi Biaya Pembangunan Kapal	73
V.2.	Perhitungan Estimasi <i>Break Even Point</i> (BEP).....	78
V.2.1.	Biaya Operasional.....	78
V.2.2.	Perencanaan <i>Trip</i> Kapal.....	80
V.2.3.	Perhitungan Pendapatan Tahun	81
V.2.4.	Estimasi Keuntungan Bersih	81
V.2.5.	Estimasi Perhitungan <i>Break Even Point</i> (BEP)	82
V.2.6.	Perhitungan <i>Net Present Value</i> (NPV)	84
V.2.7.	Perbandingan Harga Tiket	85
Bab VI	KESIMPULAN DAN SARAN	87
VI.1.	Kesimpulan.....	87

VI.2. Saran.....	88
DAFTAR PUSTAKA.....	89
LAMPIRAN	
LAMPIRAN A PERHITUNGAN TEKNIS	
LAMPIRAN B PERHITUNGAN EKONOMIS	
LAMPIRAN C DESAIN KMP TWINS	
BIODATA PENULIS	

DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1 Kapal Motor Penyeberangan.....	5
Gambar II.2 Kapal Feri Roro.....	6
Gambar II.3 <i>Fast Ferry</i>	6
Gambar II.4 Desain Spiral	8
Gambar II.5 Daya yang Bekerja pada Kapal	8
Gambar II.6 Sketsa Momen Penegak atau Pengembali.....	10
Gambar II.7 Kondisi Stabilitas Positif.....	11
Gambar II.8 Kondisi Stabilitas Netral	11
Gambar II.9 Kondisi Stabilitas Negatif	12
Gambar II.10 <i>Fuel Cells</i>	16
Gambar II.11 Kapal Hibrida.....	19
Gambar II.12 Aturan Penempatan Kendaraan.....	20
Gambar II.13 Pengikatan Kendaraan Kecil	20
Gambar II.14 Pengikatan Kendaraan Besar	21
Gambar II.15 Spesifikasi <i>Lifebuoy</i>	22
Gambar II.16 Spesifikasi <i>Lifejacket</i>	23
Gambar II.17 <i>Liferaft</i>	24
Gambar II.18 Spesifikasi Gambar <i>Assembly Station</i>	24
Gambar II.19 Rute Penyeberangan Ujung-Kamal.....	27
Gambar II.20 Pelabuhan Ujung Surabaya	28
Gambar II.21 Pelabuhan Kamal Bangkalan Madura.....	28
Gambar III. 1 Diagram alir pengerjaan Tugas Akhir	29
Gambar IV.1 Grafik Jumlah Penumpang Penyeberangan Ujung-Kamal.....	34
Gambar IV.2 Grafik Jumlah Kendaraan Roda 2	35
Gambar IV.3 Grafik Jumlah Kendaraan Roda 4	36
Gambar IV.4 Grafik Data Bagasi	37
Gambar IV.5 <i>Poop Deck</i>	39
Gambar IV.6 Standar Minimum Kursi Penumpang	40
Gambar IV.7 <i>Main Deck</i>	40
Gambar IV.8 Proses Elektrolisis di Dalam <i>Fuel Cell Stack</i>	48
Gambar IV.9 Cara Kerja <i>Hydrogen Fuel Cell</i>	49
Gambar IV.10 Pemilihan Baterai <i>Solar Panel</i>	53
Gambar IV.11 Pemilihan <i>Solar Panel Cell</i>	54
Gambar IV.12 Susunan <i>Solar Panel Cell</i> pada Atap Kapal	56
Gambar IV.13 <i>Electrical Arrangement</i>	56
Gambar IV.14 <i>Lines Plan</i> KMP TWINS.....	58
Gambar IV.15 <i>Size Surfaces</i>	58
Gambar IV.16 Pengaturan Jumlah <i>Station</i>	59
Gambar IV.17 <i>Calculate Hydrostatics</i> pada <i>Maxsurf</i>	59
Gambar IV.18 <i>Side Elevation</i> KMP TWINS.....	60
Gambar IV.19 <i>Deck House</i> KMP TWINS	61
Gambar IV.20 <i>Main Deck</i> KMP TWINS	61
Gambar IV.21 <i>Below Main Deck</i> KMP TWINS	62

Gambar IV.22 Aturan <i>Navigation Bridge Visibility</i>	68
Gambar IV.23 Pandangan dari Posisi Navigasi ke Arah Depan pada KMP TWINS	69
Gambar IV.24 Pemodelan 3D pada <i>Software Maxsurf</i>	70
Gambar IV.25 Geladak Penumpang	70
Gambar IV.26 Geladak Kendaraan	71
Gambar IV.27 KMP TWINS Tampak Samping	71
Gambar V.1 Grafik Estimasi BEP	84

DAFTAR TABEL

Tabel I.1 Sumber Emisi	2
Tabel II.1 Pengurangan Lambung Timbul Tipe B	14
Tabel II.2 Klasifikasi <i>Fuel Cell</i>	17
Tabel IV.1 Jumlah Pengguna Jasa Ujung-Kamal	34
Tabel IV.2 Rencana Operasional Kapal	37
Tabel IV.3 Perhitungan Muatan	38
Tabel IV.4 <i>Payload</i> Luasan <i>Deck</i>	39
Tabel IV.5 Rekap Hambatan dan Propulsi	41
Tabel IV.6 Perhitungan Berat Peralatan dan Perlengkapan	42
Tabel IV.7 Perhitungan Berat Permesinan	43
Tabel IV.8 Rekapitulasi Titik Berat LWT	43
Tabel IV.9 Berat DWT	44
Tabel IV.10 Rekapitulasi Titik Berat DWT	44
Tabel IV.11 Pengecekan Displasemen Kapal	45
Tabel IV.12 Kondisi <i>Trim</i> pada Tiap <i>Loadcase</i>	46
Tabel IV.13 Rekapitulasi Lambung Timbul	46
Tabel IV.14 Stabilitas Kapal	47
Tabel IV.15 Item Bahan Bakar Hidrogen	50
Tabel IV.16 Spesifikasi Motor Listrik	51
Tabel IV.17 Spesifikasi <i>Fuel Cell Stack</i>	51
Tabel IV.18 Spesifikasi ACOS	52
Tabel IV.19 Spesifikasi <i>Gaseous H₂ Storage</i>	52
Tabel IV.20 Spesifikasi <i>Generator Set</i>	52
Tabel IV.21 Kebutuhan Daya Listrik Per <i>Trip</i>	53
Tabel IV.22 Spesifikasi Baterai <i>Solar Panel Cell</i>	53
Tabel IV.23 Kapasitas Baterai	54
Tabel IV.24 Spesifikasi <i>Solar Panel Cell</i>	55
Tabel IV.25 Perhitungan Daya Listrik yang Dihasilkan Panel Surya	55
Tabel IV.26 Daya yang Dihasilkan Setiap Pengecasan Baterai	56
Tabel IV.27 Pembagian Penggunaan Sistem Hibrida	57
Tabel IV.28 Ketentuan Jumlah <i>Lifebuoy</i>	62
Tabel IV.29 Perencanaan Jumlah dan Peletakan <i>Lifebuoy</i>	63
Tabel IV.30 Kriteria Ukuran <i>Lifejacket</i>	63
Tabel IV.31 Perencanaan Jumlah dan Peletakan <i>Lifejacket</i>	65
Tabel IV.32 Jumlah Pengikat pada Kendaraan	69
Tabel V.1 Perhitungan Baja Kapal & <i>Non-weight Cost</i>	73
Tabel V.2 Perhitungan Peralatan dan Perlengkapan Kapal	74
Tabel V.3 Perhitungan Tenaga Penggerak Kapal	76
Tabel V.4 Perhitungan Biaya Pembangunan Awal	77
Tabel V.5 Koreksi Keadaan Ekonomi dan Kebijakan Pemerintah	78
Tabel V.6 Rincian Biaya Operasional	78
Tabel V.7 Total Biaya Operasional	80
Tabel V.8 Jumlah <i>Trip</i> KMP TWINS	81
Tabel V.9 Perencanaan Harga Tiket KMP TWINS	81

Tabel V.10 Estimasi Keuntungan Bersih	82
Tabel V.11 Estimasi BEP KMP TWINS.....	82
Tabel V.12 NPV KMP TWINS	85
Tabel V.13 Perbandingan Harga Tiket.....	85

DAFTAR SIMBOL

ρ	= Massa Jenis (ton/m ³)
∇	= <i>Volume Displacement</i> (m ³)
Δ	= <i>Displacement</i> (ton)
μ_d	= <i>Propulsive Efficiency</i>
μ_h	= <i>Hull Efficiency</i>
μ_o	= <i>Open water test</i>
μ_r	= <i>Rotative Efficiency</i>
μ_R	= <i>Reduction Gear Efficiency</i>
μ_s	= <i>Shaft Efficiency</i>
A_E/A_0	= <i>Expanded Area Ratio</i>
A_T	= <i>Immersed Area at the Transom of Zero Speed</i> (m ²)
B	= Lebar Kapal (m)
BHP	= <i>Brake Horse Power</i>
C	= <i>Resistance coefficient</i> , 1.2
C_A	= Koefisien Tahanan Udara
C_b	= <i>Block Coefficient</i>
C_{FO}	= Koefisien Tahanan Gesek
C_{KG}	= Koefisien Titik Berat Baja
C_m	= <i>Midship Section Coefficient</i>
C_P	= <i>Prismatic Coefficient</i>
C_S	= Gaya Tekan Baja (N)
C_{SO}	= Koefisien Berat Baja Tergantung Tipe Kapal (ton/m ³)
C_v	= <i>Viscous Coefficient</i>
C_{wp}	= <i>Waterplan Coefficient</i>
D	= Diameter Propeller (m)
D_A	= Tinggi Kapal Setelah Dikoreksi dengan <i>superstructure</i> dan <i>deck house</i>
DHP	= <i>Delivery Horse Power</i>
EHP	= <i>Effective Horse Power</i>
F_n	= <i>Froude Number</i>
g	= percepatan gravitasi (m/s ²)
h_B	= Tinggi Pusat Bulb dari Baseline (m)
h_s	= Tinggi Standard Bangunan Atas (m)
KG	= <i>Center of Gravity</i>
L_{wl}	= <i>length of waterline</i> (m)

LCB	= <i>Longitudinal Center of Bouyancy</i>
LCG	= <i>Longitudinal Center of Gravity</i>
L_R	= Panjang bagian kapal yang mengalami tahanan langsung (m)
l_s	= Jumlah Panjang Efektif Bangunan Atas (m)
n	= Putaran Propeller
P/D	= <i>Pitch Ratio</i>
R_a	= <i>Air resistance</i> (ton)
R_f	= <i>Friction resistance</i> (ton)
R_n	= <i>Reynolds Number</i>
R_w	= <i>Water resistance</i> (ton)
R_{tot}	= <i>Total resistance</i> (ton)
r_B	= Tahanan tekanan hambatan dari haluan gembung dekat permukaan air
s	= Jarak Pelayaran (nm)
S	= Luas Bidang Basah (m ²)
S_{app}	= Luas Bidang Basah dengan Tambahan (m ²)
$S_{bilgekeel}$	= Luas <i>Bilge Keel</i> (m ²)
S_{rudder}	= Luas <i>Rudder</i> yang tercelup air (m ²)
S_{tot}	= Luas Bidang Basah Total (m ²)
SFR	= <i>Specific Fuel Rate</i> (ton/kWh)
SHP	= <i>Shaft Horse Power</i>
t	= <i>Thrust deduction</i>
T	= Sarat Kapal (m)
T_a	= Sarat Buritan (m)
T_f	= Sarat Haluan (m)
THP	= <i>Thrust Horse Power</i>
V	= <i>Velocity</i> (knots)
V_a	= <i>Speed of Advance</i> (m/s)
V_H	= Volum Ruang Tertutup di atas Geladak Cuaca (m ³)
V_R	= Total Volum Ruang Muat (m ³)
V_S	= Kecepatan kapal (m/s)
V_U	= Volum Geladak di bawah Geladak Cuaca (m ³)
V_1	= Volum Geladak Penumpang (m ³)
V_2	= Volum Geladak Navigasi (m ³)
V_{tot}	= Total Volum <i>Superstructure</i> (m ³)
W	= Gaya Berat (N)
w	= <i>Wake Fraction</i>
Z	= Jumlah Daun Propeller

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang Masalah

Kota Surabaya merupakan salah satu dari empat kota dengan tingkat emisi gas buang yang tinggi menurut data yang dirilis oleh *World Health Organization* (WHO) pada tahun 2008 hingga sekarang. Menurut penelitian WHO, banyak kota besar di dunia, termasuk di Indonesia yang memiliki tingkat polusi PM10 rata-rata per tahun yang jauh melebihi batas aman yang ditetapkan organisasi kesehatan dunia ini. Dari sisi akademik, PM10 adalah benda-benda partikulat yang ukurannya kurang dari 10 mikron. Benda-benda partikulat ini hampir mustahil diamati dengan mata telanjang. Manusia hanya bisa melihat benda dengan berukuran sama atau di atas 40 mikron tanpa bantuan alat seperti mikroskop. Berdasarkan laporan yang dirilis WHO, Surabaya memiliki tingkat polusi yang jauh di atas batas aman WHO yaitu nilainya mencapai $69 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pertahun (Kemenkeu, 2015).

Kegiatan pemanfaatan energi alternatif mulai digerakkan di seluruh aspek kegiatan industri sebagai upaya mengurangi dampak-dampak tersebut. Salah satu bentuk inovasi teknologi sekaligus pemanfaatan energi alternatif yaitu kendaraan dengan menggunakan penggerak sistem hibrida.

Kini pengembangan transportasi air ramah lingkungan telah banyak dikembangkan dengan memakai sistem hibrida. Tujuan dari dikembangkannya kapal sistem hibrida ini adalah mengurangi polusi yang ditimbulkan akibat gas buang dari kapal, salah satunya berupa CO₂. Berbagai teknologi dalam mengurangi emisi CO₂ yang dihasilkan dari kapal telah banyak dikembangkan. Pengembangan yang dilakukan dalam mengurangi emisi CO₂ antara lain adalah dengan cara menggunakan bahan bakar alternatif non-diesel dan memanfaatkan tenaga matahari sebagai sumber energi listrik (Prasetyo, 2015). Bahan bakar alternatif non-diesel akan dijadikan bahan bakar bantu untuk menggerakkan kapal, dan akan disediakan mesin diesel sebagai tenaga penggerak utama. Sedangkan untuk kebutuhan lampu-lampu di kapal akan memakai energi dari solar panel.

Menurut catatan *International Maritime Organization* (IMO) yang diatur dalam MARPOL ANNEX VI, kapal merupakan salah satu kontributor yang meningkatkan jumlah emisi gas buang, terhitung sebesar 3% dari total emisi gas CO₂ pada tahun 2007. Dimana emisi gas buang CO₂ yang berasal dari kapal akan meningkat dua kali lipat pada tahun 2050 (*Fuel*

Cell Today, 2012). Dengan adanya pernyataan tersebut, maka desain kapal hibrida merupakan kapal kombinasi mesin diesel sebagai daya utama, *hydrogen fuel* sebagai daya bantu untuk menggerakkan propeller kapal, serta tenaga surya dengan memakai solar panel yang akan mengumpulkan sinar matahari dan mengubahnya menjadi energi listrik untuk memenuhi kebutuhan lampu-lampu di kapal. Kapal semacam ini memiliki keuntungan utama berupa adanya pengurangan konsumsi bahan bakar dan emisi CO₂ sehingga dapat mengurangi emisi gas buang sekaligus menghemat biaya pengeluaran untuk BBM.

Tabel I.1 Sumber Emisi

Jenis	Sumber Emisi
CO ₂	• Pembakaran bahan bakar fosil untuk pembangkit energy
CH ₄	• Fermentasi anaerobik di TPA sampah • Pengolahan anaerobik limbah organik cair, kotoran ternak, dll
N ₂ O	• Industri asam nitrat • Proses pencernaan kotoran ternak
HFC ₅	• Kebocoran dari media pendingin pada kulkas dan AC
PFC ₅	• Penggunaan bahan <i>etching</i> dalam proses produksi semi konduktor • Penggunaan bahan <i>fluxing</i> pada proses pembersihan metal
SF ₆	• Penggunaan penutup gas dalam proses pencairan magnesium

Sumber: Kementrian ESDM, 2012

Indonesia sebagai negara yang memiliki banyak pulau dimana antar pulau dipisahkan oleh lautan, maka akan sangat menarik apabila ada suatu konsep kapal penumpang dengan sistem hibrida yang beroperasi untuk penyeberangan Surabaya-Kamal Madura, mengingat jarak tempuh sejauh 3 mil laut selama lebih kurang 30 menit perjalanan dengan menggunakan bahan bakar alternatif non-diesel dan solar panel. Dengan kombinasi antara bahan bakar alternatif non-diesel berupa *hydrogen fuel cells*, mesin diesel dan solar panel sebagai daya penggerak kapal diharapkan dikemudian hari tidak menambah polusi udara di lautan dan menghemat biaya BBM sehingga jalur Ujung-Kamal tak kalah saing dengan Jembatan Surabaya-Madura (Suramadu) yang diminati masyarakat karena tarif yang murah. Mengingat kondisi dari jalur Ujung-Kamal yang semakin sepi penumpang setelah jembatan Suramadu dioperasikan tahun 2009, dimana separuh jumlah penumpang dan angkutan pindah jalur darat melewati jembatan terpanjang di tanah air tersebut. Operator feri mulai kelimpungan hingga Ketua Gabungan Pengusaha Angkutan, Sungai, Danau dan Penyeberangan (Gapasdap) Khoiri Soetomo berkali-kali mengungkapkan, nasib pengusaha feri Ujung-Kamal memprihatinkan. Arus penumpang dan kendaraan di Ujung-Kamal terus melorot. Ada 15 kapal memilih keluar

jalur meninggalkan Ujung-Kamal. Kini, Ujung-Kamal hanya ditunggu 4 kapal dan hanya 3 yang beroperasi. Adapun tarif Suramadu per 2 Maret 2016 turun 50 persen, sehingga mobil pribadi melintas Suramadu cukup bayar Rp 15.000 saja dan sepeda motor yang sudah digratiskan. Yang jelas, pemerintah tidak ingin pengusaha tutup usaha feri. Berarti harus diberi solusi mengisi rute penyeberangan lain atau memberi subsidi supaya tidak merugi. Gubernur Jawa Timur Soekarwo menyatakan pihaknya sudah mengajukan permohonan agar operasional Ujung - Kamal diberi 'multivitamin'. Vitamin penambah darah yang dimaksud tidak lain adalah subsidi sejumlah tertentu (Shipping Line Indonesia, 2016). Oleh karena itu, pada Tugas Akhir ini akan dikembangkan konsep Kapal Motor Penyeberangan dengan sistem penggerak hibrida untuk rute Ujung Surabaya-Kamal Bangkalan.

I.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, beberapa permasalahan yang akan diselesaikan adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana cara mendapatkan dimensi utama untuk Kapal Motor Penyeberangan?
2. Berapa besar kebutuhan *hydrogen fuel cells* dan *solar panel cells* untuk Kapal Motor Penyeberangan?
3. Bagaimana desain rencana garis, rencana umum, *safety plan* dan *3D model* untuk Kapal Motor Penyeberangan?
4. Bagaimana analisis ekonomis dari Kapal Motor Penyeberangan?

I.3. Tujuan

Tujuan dari penulisan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Mendapatkan dimensi utama untuk Kapal Motor Penyeberangan.
2. Menghitung besarnya kebutuhan *hydrogen fuel cells* dan *solar panel cells* untuk Kapal Motor Penyeberangan.
3. Mendapatkan desain rencana garis, rencana umum, *safety plan* dan *3D model* untuk Kapal Motor Penyeberangan.
4. Mengetahui analisis ekonomis dari Kapal Motor Penyeberangan.

I.4. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Masalah teknis yang dibahas sebatas konsep desain.
2. Perhitungan kekuatan memanjang kapal diabaikan.
3. Hanya mengembangkan konsep kapal dengan sistem hibrida.

4. Sistem hibrida yang digunakan adalah *hydrogen fuel cells*, mesin diesel dan *solar panel cells*.
5. Analisis dan penerapan konsep sistem hibrida dibatasi hanya pemakaian sumber energi yang digunakan untuk kebutuhan penggerak dan listrik kapal.

I.5. Manfaat

Dari Tugas Akhir ini, diharapkan dapat diambil manfaat sebagai berikut:

1. Menunjang pengembangan sarana transportasi laut sebagai alat penyeberangan antar pulau di Indonesia.
2. Menambah wawasan tentang kapal dengan sistem hibrida.

I.6. Hipotesis

Desain Kapal Motor Penyeberangan dengan sistem penggerak hibrida untuk rute Ujung Surabaya-Kamal Bangkalan bisa menghemat konsumsi bahan bakar dan meminimalisir timbulnya emisi gas buang yang menyebabkan adanya polutan.

BAB II

STUDI LITERATUR

II.1. Dasar Teori

Pada Bab II ini berisikan tentang dasar teori dan tinjauan pustaka dari topik utama dalam pembuatan Tugas Akhir ini. Dasar teori berisi uraian singkat tentang landasan teori yang mempunyai keterkaitan langsung dan digunakan untuk menyelesaikan permasalahan dalam Tugas Akhir ini.

II.1.1. Kapal Motor Penyeberangan

Kapal Motor Penyeberangan atau Feri adalah kapal yang digunakan untuk angkutan penumpang, dapat berupa kapal Ro-Ro atau untuk perjalanan pendek terjadwal dalam bentuk kapal feri. Kapal Motor Penyeberangan (KMP) adalah tipe kapal yang digunakan sebagai angkutan penyeberangan antar pulau yang mengangkut kendaraan, barang, dan penumpang. Jangkauan penyeberangan kapal tipe KMP adalah dalam tujuan jarak dekat sehingga sering disebut sebagai transportasi pantai, sungai, dan danau (Rohmadhana, 2016).



Gambar II.1 Kapal Motor Penyeberangan
Sumber: www.shippinglineindonesia.com

Gambar II.1 merupakan salah satu contoh bentuk kapal jenis feri yang digunakan sebagai angkutan penumpang.

Ada beberapa tipe KMP yang ada di Indonesia, antara lain sebagai berikut:

1. *Ro-ro Ferry*

Ro-ro disini adalah singkatan dari *Roll on Roll off*. Kapal ini memiliki fungsi mirip jembatan yang bergerak. Namanya jembatan, apapun bisa melewatinya. Sesuai dengan namanya *roll off roll on* atau *roll on roll of* adalah suatu kapal feri yang mempunyai dua jalur

pintu masuk depan dan pintu belakang. Penumpang beserta bawaan termasuk mobil, motor, bus, ataupun truk bisa masuk dari pintu depan dan keluar dari pintu belakang. Jadi mobil tidak perlu parkir lagi untuk keluar. Tempat muatan untuk kendaraan-kendaraan ditempatkan pada geladak utama (*main deck*) dan di bawah *main deck* (*under main deck*), untuk jenis Roro yang lebih besar.



Gambar II.2 Kapal Feri Roro
Sumber: Rohmadhana, 2016

Sedangkan untuk penumpang ditempatkan pada *deck* 1, 2 dan 3 tergantung dari berapa besar kapal tersebut. Kapal feri jenis ini sudah digunakan di Indonesia sejak lama, kapal-kapal inilah yang menghubungkan Pulau Sumatra dengan Pulau Jawa, Pulau Jawa dan Pulau Bali, Pulau Jawa dan Pulau Madura, dan pulau-pulau lainnya (Rohmadhana, 2016).

2. *Fast Ferry*



Gambar II.3 *Fast Ferry*
Sumber: Rohmadhana, 2016

Kapal ini disebut *fast ferry* karena kecepatannya lebih cepat dari kapal feri biasa. Biasanya kapal-kapal jenis ini dipakai di daerah perairan atau laut yang tidak bergelombang tinggi. Sehingga sangat cocok untuk transportasi pantai, sungai, dan danau yang tidak bergelombang besar. Kapal-kapal jenis ini banyak dipakai oleh perusahaan pelayaran kapal penumpang yang menghubungkan yang menghubungkan pulau-pulau kecil, seperti Batam-

Singapura, Batam-Malaysia, Batam-Tanjung Pinang, dan Batam-Riau. Feri jenis ini hanya mampu memuat penumpang dan bagasi penumpang saja. Dan tidak bisa digunakan untuk memuat mobil, atau kendaraan lainnya, karena ukurannya relatif lebih kecil daripada jenis feri lainnya (Rohmadhana, 2016).

II.1.2. MARPOL ANNEX VI

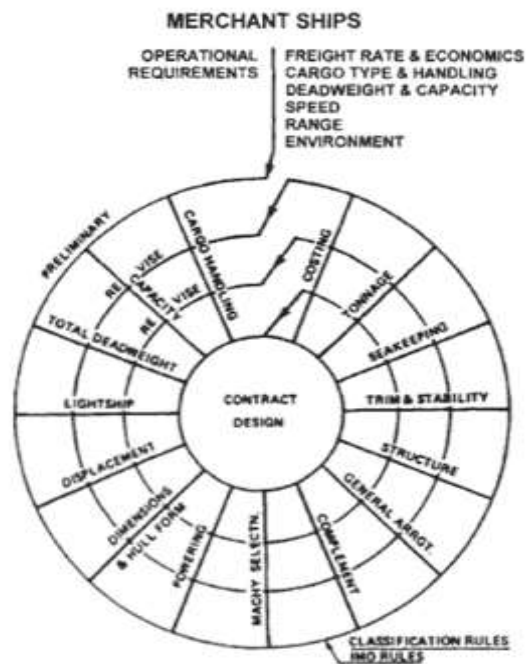
Regulasi yang mengatur tentang masalah polusi yang dihasilkan oleh kapal yaitu MARPOL 73/78 oleh *International Maritime Organization* (IMO). MARPOL 73/78 merupakan regulasi yang bertujuan untuk mencegah atau mengurangi timbulnya polusi yang dihasilkan oleh kapal. Dalam MARPOL 73/78 terdapat ANNEX VI yang mengatur tentang pencegahan dari polusi udara yang dihasilkan kapal. Regulasi dalam ANNEX VI ini secara umum mengatur tentang:

- Menentukan batas dari emisi NO_x, SO_x dan Particulate Matter (PM dari kapal)
- Pelarangan emisi Ozone Depleting Substances (ODS)

(Kurniawati, 2013)

II.1.3. Desain Spiral

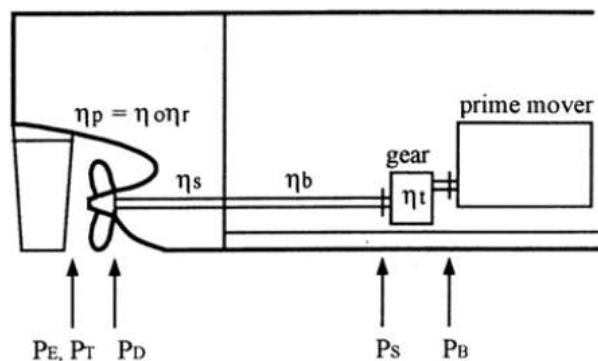
Klasifikasi desain dibedakan menjadi dua berdasarkan latar belakangnya, pertama “*invention*” yang merupakan eksploitasi dari ide-ide asli untuk menciptakan suatu produk baru dan yang kedua “*innovation*” yaitu sebuah pembaruan atau rekayasa desain terhadap sebuah produk yang sudah ada. Proses mendesain kapal adalah proses berulang, yaitu seluruh perencanaan dan analisis dilakukan secara berulang demi mencapai hasil yang maksimal ketika desain tersebut dikembangkan. Desain ini digambarkan pada desain spiral dimana dalam desain spiral terbagi ke dalam empat tahapan yaitu: 1. *Concept design*, 2. *Preliminary design*, 3. *Contract design*, dan 4. *Detail design*. Spiral desain dapat diilustrasikan seperti Gambar II. 4.



Gambar II.4 Desain Spiral
Sumber: Watson, 2002

II.1.4. Propulsi Kapal

Dengan mengetahui hambatan yang dihasilkan oleh kapal, desainer mampu menentukan kapasitas mesin yang diperlukan oleh kapal untuk melawan hambatan tersebut sehingga kapal mampu berlayar dengan kecepatan yang telah ditentukan. Yang diperlukan kapal menentukan daya mesin yang akan digunakan maka nilai *Break Horse Power* (BHP) yang dihasilkan oleh kapal harus dihitung. Namun sebelum itu, nilai *Effective Horse Power* harus didapat terlebih dahulu. Berikut nilai-nilai yang harus dihitung dalam memperoleh BHP untuk menentukan daya mesin yang diperlukan. Berikut ini merupakan gambar gaya-gaya yang bekerja pada kapal.



Gambar II.5 Daya yang Bekerja pada Kapal
Sumber: Parsons, 2001

II.1.5. Perhitungan Stabilitas

Stabilitas dapat diartikan sebagai kemampuan kapal untuk kembali ke keadaan semula setelah dikenai oleh gaya luar. Kemampuan tersebut dipengaruhi oleh lengan dinamis (GZ) yang membentuk momen kopel yang menyeimbangkan gaya tekan ke atas dengan gaya berat. Komponen stabilitas terdiri dari GZ, KG dan GM. Dalam perhitungan stabilitas, yang paling penting adalah mencari harga lengan dinamis (GZ).

Secara umum hal-hal yang mempengaruhi keseimbangan kapal dapat dikelompokkan kedalam dua kelompok besar yaitu:

- a. Faktor internal yaitu tata letak barang/cargo, bentuk ukuran kapal, kebocoran karena kandas atau tubrukan
- b. Faktor eksternal yaitu berupa angin, ombak, arus dan badai

Titik-titik penting stabilitas kapal antara lain adalah:

- a. KM (Tinggi titik metasentris di atas lunas)

KM ialah jarak tegak dari lunas kapal sampai ke titik M, atau jumlah jarak dari lunas ke titik apung (KB) dan jarak titik apung ke metasentris (BM), sehingga KM dapat dicari dengan rumus $KM = KB + BM$.

- b. KB (Tinggi Titik Apung dari Lunas)
- c. BM (Jarak Titik Apung ke Metasentris)
- d. KG (Tinggi Titik Berat dari Lunas)

Nilai KB untuk kapal kosong diperoleh dari percobaan stabilitas (*inclining experiment*), selanjutnya KG dapat dihitung dengan menggunakan dalil momen. Nilai KG dengan dalil momen ini digunakan bila terjadi pemuatan atau pembongkaran di atas kapal dengan mengetahui letak titik berat suatu bobot di atas lunas yang disebut dengan *vertical centre of gravity* (VCG) lalu dikalikan dengan bobot muatan tersebut sehingga diperoleh momen bobot tersebut, selanjutnya jumlah momen-momen seluruh bobot di kapal dibagi dengan jumlah bobot menghasilkan nilai KG pada saat itu.

- e. GM (Tinggi Metasentris)

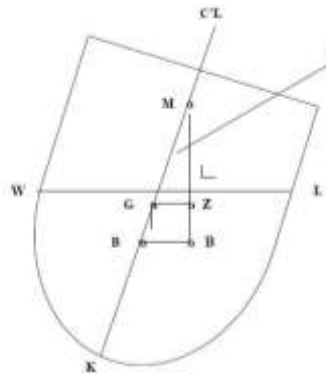
Tinggi metasentris atau *metacentris high* (GM) merupakan jarak tegak antara titik G dan titik M.

$$GM = KM - KG$$

$$GM = (KB + BM) - KG$$

- f. Momen Penegak (*Righting Moment*) dan Lengan Penegak (*Righting Arms*)

Momen penegak atau lengan penegak Pada waktu kapal miring, maka titik B pindah ke B1, sehingga garis gaya berat bekerja ke bawah melalui G dan gaya keatas melalui B1. Titik M merupakan busur dari gaya-gaya tersebut. Seperti pada Gambar II.6 merupakan sketsa momen penegak atau pengembali.



Gambar II.6 Sketsa Momen Penegak atau Pengembali

Sumber: Kharismarsono, 2017

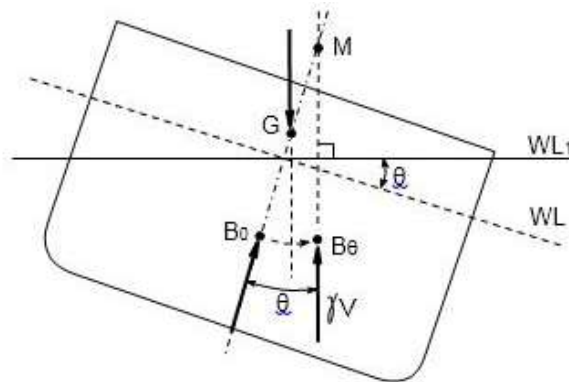
Beberapa hal yang perlu diketahui sebelum melakukan perhitungan stabilitas kapal antara lain adalah

- Berat benaman (isi kotor) atau displasemen adalah jumlah ton air yang dipindahkan oleh bagian kapal yang tenggelam dalam air.
- Berat kapal kosong (*Light Displacement*) yaitu berat kapal kosong termasuk mesin dan alat-alat yang melekat pada kapal.
- Operating load* (OL) yaitu berat dari sarana dan alat-alat untuk mengoperasikan kapal dimana tanpa alat ini kapal tidak dapat berlayar

Pada prinsipnya keadaan stabilitas ada tiga yaitu:

- Stabilitas Positif (*Stable Equilibrium*)

Suatu keadaan dimana titik G-nya berada di bawah titik M, sehingga sebuah kapal yang memiliki stabilitas mantap sewaktu menyenget mesti memiliki kemampuan untuk menegak kembali.



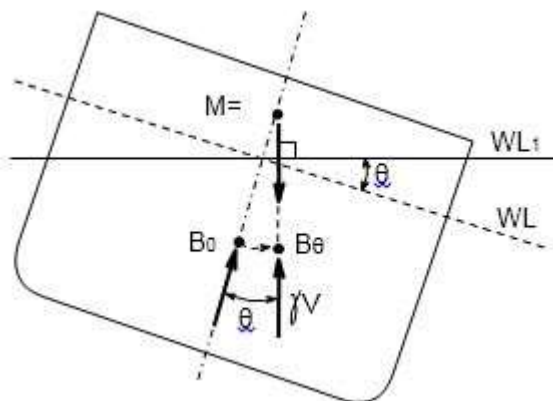
Gambar II.7 Kondisi Stabilitas Positif

Sumber: Kharismarsono, 2017

Pada Gambar II.7 menggambarkan stabilitas positif dimana titik *metacenter* lebih besar kedudukannya daripada titik gravitasi.

b. Stabilitas Netral (*Neutral Equilibrium*)

Suatu keadaan stabilitas dimana titik G-nya berhimpit dengan titik M. Maka momen penegak kapal yang memiliki stabilitas netral sama dengan nol, atau bahkan tidak memiliki kemampuan untuk menegak kembali sewaktu menyenget. Dengan kata lain bila kapal senget tidak ada MP maupun momen penerus sehingga kapal tetap miring pada sudut senget yang sama, penyebabnya adalah titik G terlalu tinggi dan berhimpit dengan titik M karena terlalu banyak muatan di bagian atas kapal.



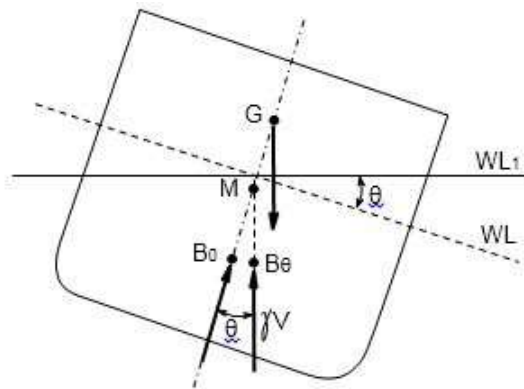
Gambar II.8 Kondisi Stabilitas Netral

Sumber: Kharismarsono, 2017

Pada Gambar II.8 menggambarkan stabilitas netral dimana titik *metacenter* sama kedudukannya dengan titik gravitasi.

c. Stabilitas Negatif (*Unstable Equilibrium*)

Suatu keadaan stabilitas dimana titik G-nya berada di atas titik M, sehingga sebuah kapal yang memiliki stabilitas negatif sewaktu menyenget tidak memiliki kemampuan untuk menegak kembali, bahkan sudut sengetnya akan bertambah besar, yang menyebabkan kapal akan bertambah miring lagi bahkan bisa menjadi terbalik. Atau suatu kondisi bila kapal miring karena gaya dari luar, maka timbullah sebuah momen yang dinamakan momen penerus atau *healing moment* sehingga kapal akan bertambah miring.



Gambar II.9 Kondisi Stabilitas Negatif
Sumber: Kharismarsono, 2017

Pada Gambar II.9 menggambarkan kondisi stabilitas negatif yang harus dihindari.

Pengecekan perhitungan stabilitas menggunakan kriteria berdasarkan *Intact Stability (IS) Code* Reg. III/3.1, yang isinya adalah sebagai berikut:

1. $e_{0,30^\circ} \geq 0.055$ m.rad, luas Gambar dibawah kurva dengan lengan penegak GZ pada sudut $30^\circ \geq 0.055$ meter rad.
2. $e_{0,40^\circ} \geq 0.09$ m.rad, luas Gambar dibawah kurva dengan lengan penegak GZ pada sudut $40^\circ \geq 0.09$ meter rad.
3. $e_{30,40^\circ} \geq 0.03$ m.rad, luas Gambar dibawah kurva dengan lengan penegak GZ pada sudut $30^\circ \sim 40^\circ \geq 0.03$ meter
4. $h_{30^\circ} \geq 0.2$ m, lengan penegak GZ paling sedikit 0.2 meter pada sudut oleng 30° atau lebih.
5. h_{\max} pada $\phi_{\max} \geq 25^\circ$, lengan penegak maksimum harus terletak pada sudut oleng lebih dari 25°
6. $GM_0 \geq 0.15$ m, tinggi metasenter awal GM_0 tidak boleh kurang dari 0.15 meter

Sedangkan kriteria stabilitas tambahan untuk kapal penumpang adalah:

1. Sudut oleng akibat penumpang bergerombol di satu sisi kapal tidak boleh melebihi 10° .

2. Sudut oleng akibat kapal berbelok tidak boleh melebihi 10° jika dihitung dengan rumus berikut:

$$M_R = 0.196 \frac{V_0^2}{L} \Delta \left(KG - \frac{d}{2} \right)$$

Dengan

M_R = momen oleng (kN.m)

V_0 = kecepatan dinas (m/s)

L = panjang kapal pada bidang air (m)

Δ = *displacement* (ton)

d = sarat rata-rata (m)

KG = tinggi titik berat di atas bidang dasar (m)

II.1.6. Perhitungan *Freeboard*

Freeboard adalah hasil pengurangan tinggi kapal dengan sarat kapal dimana tinggi kapal termasuk tebal kulit dan lapisan kayu jika ada, sedangkan sarat T diukur pada sarat musim panas.

Besarnya *freeboard* adalah panjang yang diukur sebesar 96% panjang garis air (LWL) pada 85% tinggi kapal *moulded*. Untuk memilih panjang *freeboard*, pilih yang terpanjang antara L_{pp} dan 96% LWL pada 85% Hm. Lebar *freeboard* adalah lebar *moulded* kapal pada *midship* (Bm). Dan tinggi *freeboard* adalah tinggi yang diukur pada *midship* dari bagian atas *keel* sampai pada bagian atas *freeboard deck beam* pada sisi kapal ditambah dengan tebal pelat *stringer* (senta) bila geladak tanpa penutup kayu.

Adapun langkah untuk menghitung *freeboard* berdasarkan *Non Convention Vessel Standard* sebagai berikut:

- Input Data yang Dibutuhkan

1. Perhitungan

- a. Tipe kapal

Tipe A : adalah kapal yang:

1. didesain hanya untuk mengangkut kargo curah cair; atau
2. memiliki kekokohan tinggi pada geladak terbuka dengan alasan kenyataan bahwa tangki kargo hanya memiliki lubang akses yang kecil, ditutup dengan penutup baja atau bahan lain dengan paking kedap air; dan
3. memiliki permeabilitas yang rendah pada ruang muat yang terisi penuh.

Kapal tipe A: tanker, LNG *carrier*

Kapal tipe B: kapal yang tidak memenuhi persyaratan pada kapal tipe A.

Kapal tipe B: *Grain carrier, ore carrier, general cargo, passenger ships*

b. *Freeboard standard*

Yaitu *freeboard* yang tertera pada Tabel *Standard Freeboard* sesuai dengan tipe kapal.

c. Koreksi

- Koreksi untuk kapal yang panjang kurang dari 100 m
- koreksi blok koefisien (C_b)
- Koreksi tinggi kapal
- Tinggi standard bangunan atas dan koreksi bangunan atas
- Koreksi bangunan atas
- Minimum *Bow height*

Tabel II.1 Pengurangan Lambung Timbul Tipe B

Panjang(L)	≤ 100 m	110 m	120 m	≥ 130 m
Pengurangan (cm)	4	5	8	12

Sumber: NCVS, 2009

Apabila pada kapal tipe B dilengkapi dengan penutup palkah dari baja ringan, lambung timbul kapal dikurangi sesuai pada Tabel II.1. Besarnya pengurangan untuk panjang kapal diantara besaran tersebut di atas didapat dengan Interpolasi Linier.

II.1.7. *Forecasting*

Metode *forecasting* atau peramalan adalah suatu ilmu yang digunakan untuk memperkirakan kejadian di masa depan. Hal tersebut dapat dilakukan dengan pengambilan data historis dan memproyeksikannya ke masa mendatang dengan suatu bentuk model matematis. Hal ini bisa juga dikatakan sebagai prediksi intuisi yang bersifat subyektif. Selain itu juga bisa dilakukan dengan menggunakan kombinasi model matematis yang disesuaikan dengan pertimbangan yang baik dari seorang manajer.

Untuk melakukan peramalan diperlukan metode tertentu dan metode mana yang digunakan tergantung dari data dan informasi yang akan diramal serta tujuan yang hendak dicapai. Dalam praktiknya terdapat berbagai metode peramalan antara lain:

1. *Time Series* atau Deret Waktu

Analisis *time series* merupakan hubungan antara variabel yang dicari (*dependent*) dengan variabel yang mempengaruhinya (*independent variable*), yang dikaitkan dengan waktu seperti mingguan, bulan, triwulan, catur wulan, semester atau tahun.

Dalam analisis *time series* yang menjadi variabel yang dicari adalah waktu.

Metode peramalan ini terdiri dari:

- a. Metode *Smoting*, merupakan jenis peramalan jangka pendek meliputi jangka waktu hingga satu tahun, tetapi umumnya kurang dari tiga bulan. Peramalan ini di gunakan untuk merencanakan pembelian, penjadwalan kerja, tenaga kerja, penugasan kerja dan tingkat produksi. Tujuan penggunaan metode ini adalah untuk mengurangi ketidakteraturan data masa lampau seperti musiman.
- b. Metode *Box Jenkins*, merupakan deret waktu peramalan jangka menengah umumnya mencakup hitungan bulan hingga tiga tahun. Peramalan ini bermanfaat untuk merencanakan penjualan, perencanaan dan anggaran produksi, anggaran kas, serta menganalisis bermacam-macam rencana operasi.
- c. Metode jangka panjang, umumnya di gunakan untuk perencanaan masa tiga tahun atau lebih. Peramalan jangka panjang digunakan untuk merencanakan produk baru, pembelanjaan modal, lokasi atau pengembangan fasilitas, serta penelitian dan pengembangan.

2. *Causal Methods* atau sebab akibat

Merupakan metode peramalan yang didasarkan kepada hubungan antara variabel yang diperkirakan dengan variabel lain yang mempengaruhinya tetapi bukan waktu. Dalam praktiknya jenis metode peramalan ini terdiri dari:

- a. Metode regresi dan kolerasi, merupakan metode yang digunakan baik untuk jangka panjang maupun jangka pendek dan didasarkan kepada persamaan dengan teknik *least squares* yang dianalisis secara statis.
- b. Model Input Output, merupakan metode yang digunakan untuk peramalan jangka panjang yang biasa digunakan untuk menyusun trend ekonomi jangka panjang.
- c. Model ekonometri, merupakan peramalan yang digunakan untuk jangka panjang dan jangka pendek.

(Matabaraja, 2014)

II.2. Tinjauan Pustaka

Berisi referensi dan/atau hasil penelitian terdahulu yang relevan yang digunakan untuk menguraikan teori, temuan, dan bahan penelitian atau desain lain yang diarahkan untuk menyusun kerangka pemikiran atau konsep yang akan digunakan dalam penelitian atau desain.

II.2.1. Emisi

Emisi gas buang dari kapal telah diatur dalam Lampiran VI MARPOL 73/78 Tahun 2006 “Peraturan tentang pencegahan pencemaran udara dari kapal”, dimana emisi adalah setiap pelepasan bahan-bahan dari kapal ke atmosfer atau laut harus tunduk pada pengawasan pada aturan ini.

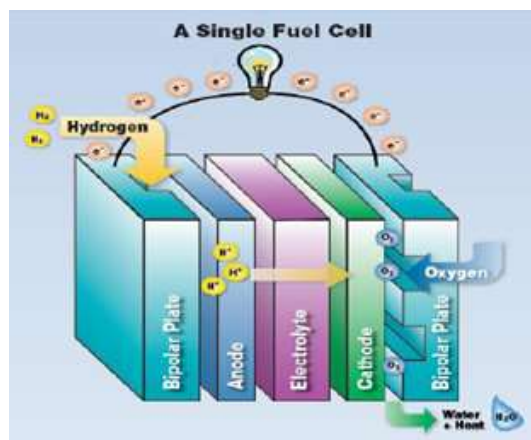
Kawasan Kontrol Emisi adalah kawasan dimana diterapkan aturan khusus terkait dengan emisi dari kapal yang diperlukan untuk mencegah, mengurangi dan mengendalikan pencemaran udara dari NO_x atau SO_x dan bahan lainnya atau ketiga tipe emisi diatas dan keberadaannya berdampak bagi kesehatan manusia dan lingkungan.

(Peraturan Presiden nomor 29, 2012)

II.2.2. Hydrogen Fuel Cell

Fuel cell adalah suatu alat elektrokimia yang secara langsung mengkonversi energi kimia yang terdapat dalam *fuel cell* menjadi energi listrik. Alat ini menggunakan suatu kombinasi antara bahan bakar yang dapat berupa hidrogen, propana, butana, metanol, ataupun bahan bakar diesel dengan oksigen. Bahan bakar dan oksigen tersebut direaksikan melalui elektroda-elektroda dan melewati elektroli konduktif ion (Riadi, 2013).

Hasil reaksi antara bahan bakar dan oksigen akan menghasilkan air yang sangat aman bagi lingkungan. Skema kerja dari *fuel cell* dapat dilihat pada gambar berikut ini:



Gambar II.10 *Fuel Cells*
Sumber: www.kajianpustaka.com

Secara umum, *fuel cell* dapat diklasifikasikan menjadi beberapa jenis. Pengklasifikasian jenis-jenis *fuel cell* tersebut berdasarkan elektrolit yang digunakan dan temperatur operasi. Klasifikasi dari *fuel cell* tersebut terangkum dalam Tabel II.2

Tabel II.2 Klasifikasi *Fuel Cell*

Jenis	Elektrolit	Katalis	Temperatur Operasi (°C)	Karakteristik
Alkaline <i>Fuel cell</i> (AFC)	KOH	<i>Platinum</i>	60-120	Efisiensi energi tinggi,
Phosphoric Acid <i>Fuel cell</i> (PAFC)	Phosphoric Acid (H ⁺)	<i>Platinum</i>	160-200	Efisiensi energi terbatas, peka terhadap CO ₂ (<1,5% Vol)
Molten Carbonate <i>Fuel cell</i> (MCFC)	Molten Carbonate (CO ₃ ²⁻)	<i>Electrode Material</i>	500-650	Rentan korosi temperature tinggi
Solid Oxide <i>Fuel cell</i> (SOFC)	Lapisan Keramik(O ₂ ⁻)	<i>Electrode Material</i>	800-1000	Efisiensi sistem tinggi, temperatur operasi perlu direduksi
Polymer Electrolyte Membrane <i>Fuel cell</i> (PEMFC)	Polymer Electrolyte (H ⁺)	<i>Platinum</i>	60-100	Kerapatan energi tinggi, memiliki kepekaan terhadap CO (<100ppm)
Direct Methanol <i>Fuel cell</i> (DMFC)	Electrolyte Polymer(H ⁺)	<i>Platinum</i>	60-120	Efisiensi sistem tinggi, peka terhadap hasil oksidasi di anoda

Sumber: Riadi, 2013

Penggunaan hidrogen yang terdapat pada *fuel cell* dapat didesain menjadi suatu sistem portable yang dapat dipindah-pindahkan serta mempunyai massa yang ringan. Rangkaian *fuel cell* tersebut tidak mempunyai bagian yang bergerak (penggunaan piston pada mobil/motor) sehingga tidak menimbulkan polusi.

Fuel cell mempunyai beberapa kelebihan yaitu:

1. Tidak mengeluarkan emisi suara (tidak berisik).
2. Efisiensi energi yang cukup tinggi.
3. Bebas emisi polutan sehingga tidak mencemari lingkungan.
4. Dapat digunakan dalam berbagai jenis aplikasi penggunaan.

II.2.3. Bahan Bakar Hidrogen

Hidrogen merupakan bahan bakar alternatif untuk penggerak kapal. Hidrogen membutuhkan energi untuk memproduksi hidrogen dan ini dapat dilakukan dengan menggunakan baik bahan bakar konvensional atau sumber daya non-fosil seperti angin atau nuklir. Dewasa ini, hidrogen yang dipakai pada industri adalah dari gas alam. Berikut ini adalah keuntungan dan kerugian yang potensial dari pengaplikasian hidrogen:

- ☐ H₂ tidak menghasilkan CO₂, or emisi Sox ke atmosfer sejak mulai dari kapal
- ☐ Menggunakan *Land-Based Sources of Power* dalam hal *generating*
- ☐ Hidrogen dapat digunakan pada *Fuel Cells* dan mesin *Internal Combustion*
- ☐ Pembakarannya menghasilkan *fresh water* dalam jumlah besar

(Prasetyo, 2015)

II.2.4. Solar Panel

Solar panel adalah konversi cahaya sinar matahari menjadi listrik, baik secara langsung dengan menggunakan *photovoltaic*, atau tidak langsung dengan menggunakan tenaga matahari sehingga menghasilkan tenaga listrik. Keunggulan solar panel yaitu:

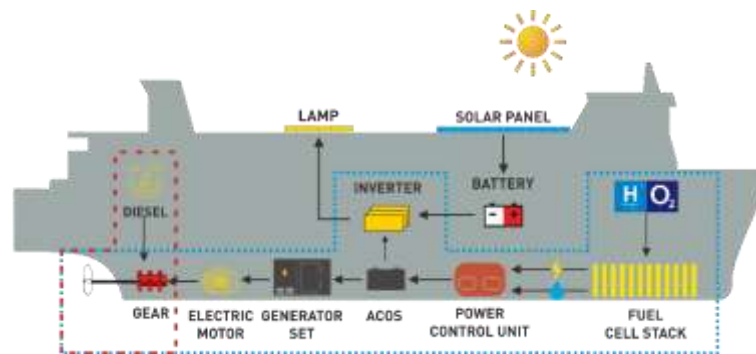
- Ramah lingkungan dan tahan lama
- Pemasangan yang mudah
- Tidak memerlukan bahan bakar minyak
- Kapasitas daya listrik dapat di tambah sesuai dengan kebutuhan
- Harga solar panel murah atau terjangkau

Cara Kerja Surya Panel

Panel surya berfungsi untuk melewati efek fotolistrik dimana bahan-bahan tertentu menciptakan aliran listrik saat matahari bersinar di atasnya. Panel surya sendiri terdiri dari kristal silikon di mana setiap setengah didopin menjadi dopan yang berbeda untuk menghasilkan sebuah semikonduktor. Ketika matahari muncul di permukaan, panel surya menyediakan energi yang dibutuhkan untuk semikonduktor untuk menghasilkan arus searah (DC).

(Kompasiana, 2016)

II.2.5. Sistem Hibrida



Gambar II.11 Kapal Hibrida

Kapal penyeberangan dengan sistem penggerak hibrida ini yang diberi nama “KMP TWINS” menggunakan tiga jenis hibrida dalam sistem geraknya, yaitu *hydrogen fuel cell*, *solar panel cell*, dan mesin diesel. Tenaga penggeraknya berupa “a proton exchange membrane fuel cell” yang merubah hidrogen menjadi listrik. “Solar Panels” akan mengumpulkan sinar matahari dan merubahnya menjadi listrik. Juga kapal ini dilengkapi dengan mesin diesel. Mesin diesel, tenaga hidrogen dan *solar panel* akan digunakan secara bergantian dalam pengoperasiannya.

II.2.6. Sistem Lashing

Sistem Lashing adalah sistem pengikatan kendaraan yang dimuat di atas kapal agar kendaraan tetap pada posisinya pada saat kapal berlayar. Pada Peraturan Menteri Perhubungan 115 Tahun 2016 terdapat aturan mengenai tatacara petunjuk pengamanan (*securing*) kendaraan di atas kapal. Pengamanan dilakukan minimal dua titik pada setiap sisi roda kendaraan.

Sedangkan petunjuk untuk cara pengikatan adalah sebagai berikut:

1. Beban pengamanan kendaraan tidak boleh kurang dari 100 kN. Jadi untuk kendaraan dengan berat kurang dari 15 ton harus menggunakan beban 100 kN.
2. Desain pengikatan benar-benar kuat dan aman selama kapal berlayar.
3. Pengikatan hanya dilakukan pada posisi titik pengamanan, dengan sudut antara pengikat terhadap horizontal dan vertical kendaraan adalah 30° sampai 40°.

Di dalam Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia nomor 115 tahun 2016 terdapat ketentuan pengikatan kendaraan sebagai berikut:

- a. Kendaraan yang berat keseluruhannya antara 3.5 sampai 20 ton harus menggunakan minimal dua alat pengikat (*lashing gear*) dengan beban kerja yang aman yang sesuai pada masing-masing sisi kendaraan.

- b. Kendaraan yang berat keseluruhannya antara 20 sampai 30 ton harus menggunakan minimal tiga alat pengikat (*lashing gear*) dengan beban kerja yang aman yang sesuai pada masing-masing sisi kendaraan.
- c. Kendaraan yang berat keseluruhannya antara 30 sampai 40 ton harus menggunakan minimal empat alat pengikat (*lashing gear*) dengan beban kerja yang aman yang sesuai pada masing-masing sisi kendaraan.
- d. Jarak antara muka dan belakang masing-masing kendaraan 30 cm.
- e. Jarak antara salah satu sisi kendaraan minimal 60 cm.
- f. Untuk kendaraan yang bersebelahan dengan dinding kapal, berjarak 60 cm dihitung dari lapisan dinding dalam.

Berikut adalah contoh aturan penempatan kendaraan di atas kapal sesuai aturan Menteri Perhubungan 115 Tahun 2016.



Gambar II.12 Aturan Penempatan Kendaraan

Sumber: Menteri Perhubungan, 2016

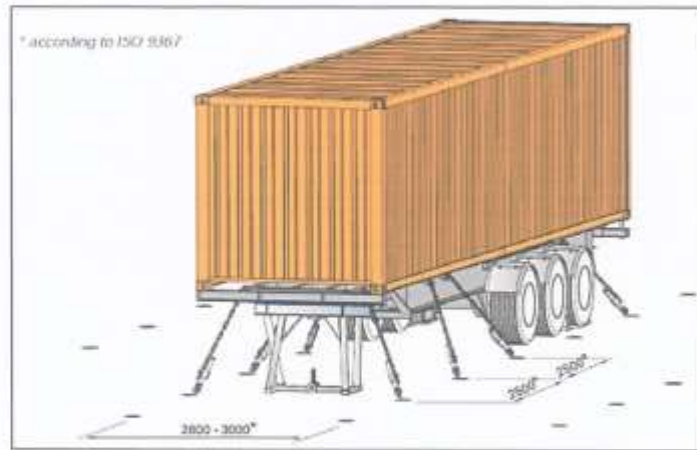
Gambar II.12 menunjukkan bahwa kendaraan ditempatkan memanjang searah haluan atau buritan kapal dan tidak boleh melintang kapal agar stabilitas kapal tetap terjaga.



Gambar II.13 Pengikatan Kendaraan Kecil

Sumber: Menteri Perhubungan, 2016

Untuk pengikatan kendaraan kecil dengan bobot 3.5 sampai dengan 20 ton minimal menggunakan alat pengikatan (*lashing gear*) sebanyak 2 buah, seperti pada Gambar II.13.



Gambar II.14 Pengikatan Kendaraan Besar

Sumber: Menteri Perhubungan, 2016

Pengikatan pada kendaraan besar/berat dengan bobot 30 sampai dengan 40 ton harus diikat dengan menggunakan rantai minimal sebanyak 4 buah, bisa dilihat pada Gambar II.14.

II.2.7. Safety Plan

Desain *safety plan* terdiri dari *life saving appliances* dan *fire control equipment*. *Life saving appliances* adalah standar keselamatan yang harus dipenuhi oleh suatu kapal, untuk menjamin keselamatan awak kapal dan penumpang ketika terjadi bahaya. *Fire control equipment* adalah standar sistem pemadam kebakaran yang harus ada pada kapal. *Regulasi life saving appliances* mengacu pada *LSA code*, sedangkan *fire control equipment* mengacu pada *FSS code*.

A. Live Saving Appliances

Sesuai dengan *LSA code* Reg. I/1.2.2, seluruh perlengkapan *life saving appliances* harus mendapat persetujuan dari badan klasifikasi terkait terlebih dulu. Sebelum persetujuan diberikan, seluruh perlengkapan *life saving appliances* harus melalui serangkaian pengetesan untuk memenuhi standar keselamatan yang ada dan bekerja sesuai fungsinya dengan baik.

a. Lifebuoy

Menurut *LSA code* Chapter II part 2.1, spesifikasi umum *lifebuoy* antara lain sebagai berikut:

1. Memiliki diameter luar tidak lebih dari 800 mm dan diameter dalam tidak kurang dari 400 mm.
2. Mampu menahan beban tidak kurang dari 14,5 kg dari besi di air selama 24 jam.
3. Mempunyai massa tidak kurang dari 2,5 kg
4. Tidak mudah terbakar atau meleleh meskipun terbakar selama 2 detik.

Spesifikasi *lifebuoy self-igniting lights* pada *lifebuoy* adalah:

1. Memiliki lampu berwarna putih yang dapat menyala dengan intensitas 2 cd pada semua arah dan memiliki sumber energi yang dapat bertahan hingga 2 jam.

Spesifikasi *Lifebuoy self-activating smoke signals* pada *lifebuoy* adalah:

1. Dapat memancarkan asap dengan warna yang mencolok pada dengan rating yang seragam dalam waktu tidak kurang dari 15 menit ketika mengapung di atas air tenang.
2. Tidak mudah meledak atau memancarkan api selama waktu pengisian emisi pada *signal*.
3. Dapat tetap memancarkan asap ketika seluruh bagian tercelup ke dalam air tidak kurang dari 10 detik.

Spesifikasi *lifebuoy self-activating smoke signals* pada *lifebuoy* adalah:

1. Tidak kaku
2. Mempunyai diameter tidak kurang dari 8 mm.
3. Mempunyai kekuatan patah tidak kurang dari 5 kN.



Gambar II.15 Spesifikasi *Lifebuoy*

Sumber: Rohmadana, 2016

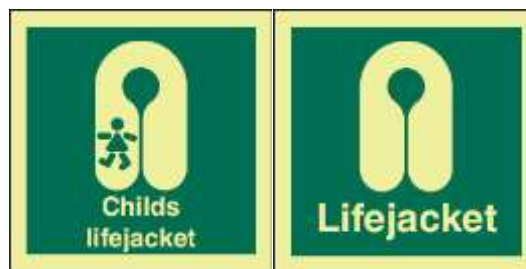
b. *Lifejacket*

LSA Code Chapt. II Part 2.2

- Persyaratan umum *lifejacket*

1. Tidak mudah terbakar atau meleleh meskipun terbakar selama 2 detik.
2. *Lifejacket* dewasa harus dibuat sedemikian rupa sehingga:
 - Setidaknya 75 % dari total penumpang, yang belum terbiasa dapat dengan benar-benar menggunakan hanya dalam jangka waktu 1 menit tanpa bantuan, bimbingan atau penjelasan sebelumnya.
 - Setelah demonstrasi, semua orang benar-benar dapat menggunakan dalam waktu 1 menit tanpa bimbingan.
 - Nyaman untuk digunakan.

- Memungkinkan pemakai untuk melompat dari ketinggian kurang lebih 4.5 m ke dalam air tanpa cedera dan tanpa mencabut atau merusak lifejacket tersebut.
3. Sebuah *lifejacket* dewasa harus memiliki daya apung yang cukup dan stabilitas di air tenang.
 4. Sebuah *lifejacket* dewasa harus memungkinkan pemakai untuk berenang jangka pendek ke *survival craft*.
 5. Sebuah *lifejacket* harus memiliki daya apung yang tidak kurang lebih dari 5% setelah 24 jam perendaman di air tawar.
 6. Sebuah *lifejacket* harus dilengkapi dengan peluit beserta tali.
- *Lifejacket lights*
1. Setiap Lifejacket lights harus:
 - Memiliki intensitas cahaya tidak kurang dari 0.75 cd di semua arah belahan atas.
 - Memiliki sumber energy yang mampu memberikan intensitas cahaya dari 0.75 cd untuk jangka waktu minimal 8 jam.
 - Berwarna putih.
 2. Jika lampu yang dijelaskan diatas merupakan lampu berkedip, maka:
 - Dilengkapi dengan sebuah saklar yang dioperasikan secara manual, dan
 - Tingkat berkedip (*flash*) dengan tidak kurang dari 50 berkedip dan tidak lebih dari 70 berkedip per menit dengan intensitas cahaya yang efektif minimal 0.75 cd.



Gambar II.16 Spesifikasi *Lifejacket*

Sumber: Rohmadana, 2016

c. *Liferaft* atau rakit penolong

Life raft adalah perahu penyelamat berbentuk kapsul yang ada di kapal yang digunakan sebagai alat menyelamatkan diri bagi semua penumpang kapal dalam keadaan bahaya yang mengharuskan semua penumpang untuk keluar dan menjauh dari kapal tersebut. Kapasitas *liferaft* tergantung dari besar kecilnya kapal dan banyaknya crew. *Liferaft* ini akan diletakkan di pinggir sebelah kanan kapal (*star board side*) dan sebelah kiri kapal (*port side*).



Gambar II.17 *Liferaft*
Sumber: Rohmadana, 2016

d. *Muster / Assembly Station*

Menurut *MSC/Circular.699 - Revised Guidelines for Passenger Safety Instructions - (adopted on 17 July 1995) - Annex - Guidelines for Passenger Safety Instructions - 2 Signs*, ketentuan *muster stasion* adalah:

1. *Muster Station* harus diidentifikasi dengan *muster station symbol*.
2. Simbol *Muster station* harus diberi ukuran secukupnya dan diletakkan di *muster station* serta dipastikan untuk mudah terlihat.



Gambar II.18 Spesifikasi Gambar *Assembly Station*
Sumber: Rohmadana, 2016

B. *Fire Control Equipment*

Berikut ini adalah beberapa contoh jenis *fire control equipment* yang biasanya dipasang di kapal:

a. *Fire valve*

Adalah katup yang digunakan untuk kondisi kebakaran.

b. *Master valve*

Adalah katup utama yang digunakan untuk membantu fire valve dan valve yang lainnya.

c. *Emergency fire pump*

FSS Code (Fire Safety System) Chapter 12

Kapasitas pompa tidak kurang dari 40% dari kapasitas total pompa kebakaran yang dibutuhkan oleh peraturan II-2/10.2.2.4.1

d. *Fire pump*

SOLAS Chapter II-2 Part C Regulation 10.2.2 Water Supply System

Kapal harus dilengkapi dengan pompa kebakaran yang dapat digerakkan secara independen (otomatis).

e. *Fire hose reel with spray jet nozzle & hydrant*

Menurut SOLAS Reg. II/10-2, Panjang *fire hoses* minimal adalah 10 m, tetapi tidak lebih dari 15 m di kamar mesin, 20 m di geladak terbuka, dan 25 m di geladak terbuka untuk kapal dengan lebar mencapai 30 m.

f. *Portable CO₂ fire extinguisher*

SOLAS Chapter II-2 Part C Regulation 10.3.2.3

Pemadam kebakaran jenis karbon dioksida tidak boleh ditempatkan pada ruangan akomodasi. Berat dan kapasitas dari pemadam kebakaran portabel:

1. Berat pemadam kebakaran portabel tidak boleh lebih dari 23 kg
2. Untuk pemadam kebakaran jenis powder atau karbon dioksida harus mempunyai kapasitas minimal 5 kg, dan untuk jenis *foam* kapasitas minimal 9L.

g. *Portable foam extinguisher*

FSS Code, Chapter 4.2 Fire Extinguisher

Setiap alat pemadam yang berupa bubuk atau karbon dioksida harus memiliki kapasitas minimal 5 kg, dan untuk pemadam kebakaran yang berupa busa (*foam*) harus memiliki kapasitas paling sedikit 9 L.

h. *Portable dry powder extinguisher*

SOLAS Chapter II-2 Part G Regulation 19 3.7

Alat pemadam kebakaran portabel dengan total kapasitas minimal 12 kg bubuk kering atau setara dengan keperluan pada ruang muat. Pemadam ini harus di tambahkan dengan pemadam jenis lain yang diperlukan pada bab ini.

i. *Bell fire alarm*

MCA Publication LY2 section 13.2.9 Live Saving appliances

Untuk kapal kurang dari 500 GT, alarm ini dapat terdiri dari peluit atau sirene yang dapat didengar di seluruh bagian kapal. Untuk kapal 500 GT dan di atasnya, kebutuhannya berdasarkan 13.2.9.1 harus dilengkapi dengan bel dan dioperasikan secara elektrik atau

sistem klakson, yang menggunakan energi utama dari kapal dan juga energi saat gawat darurat.

j. *Push button for fire alarm*

Push button for general alarm ini digunakan / ditekan apabila terjadi tanda bahaya yang disebabkan apa saja dan membutuhkan peringatan menyeluruh pada kapal secepat mungkin.

k. *Smoke detector*

HSC Code-Chapter 7-Fire Safety- Part A 7.7.2.2

Smoke Detector dipasang pada seluruh tangga, koridor dan jalan keluar pada ruangan akomodasi. Pertimbangan diberikan pemasangan smoke detector untuk tujuan tertentu dengan pipa ventilasi.

l. *Co₂ nozzle*

Adalah *nozzle* untuk memadamkan kebakaran dengan menggunakan karbon dioksida.

m. *Fire alarm panel*

HSC Code – Chapter 7 – Fire Safety – Part A – General – 7.7 Fire detection and extinguishing systems. Control panel harus diletakkan pada ruangan atau pada *main fire control station*.

II.2.8. Analisis Ekonomis

Analisis biaya pembangunan dilakukan dengan membagi komponen biaya pembangunan menjadi dua kelompok biaya, yaitu biaya yang terkait berat kapal (*weight cost*) dan biaya yang tidak terkait dengan berat kapal (*non-weight cost*). *Weight* dilakukan pemecahan komponen lagi menjadi beberapa komponen yaitu biaya struktur kapal (*hull structural cost*), biaya komponen permesinan dan penggerak (*machinery and propulsion cost*), biaya perlengkapan kapal (*outfitting cost*). Biaya struktur kapal dihitung dengan cara menghitung berat baja kapal yang dibutuhkan dikalikan dengan *unit price* dari baja itu sendiri. Untuk mengetahui nilai ekonomis sebuah kapal, perhitungannya dibedakan menjadi dua bagian yaitu biaya investasi dan biaya operasional kapal.

Biaya investasi kapal dibagi menjadi 4 bagian yaitu (Watson, 1998):

- Biaya baja kapal (*structural cost*)
- Biaya peralatan dan perlengkapan kapal (*outfit cost*)
- Biaya permesinan kapal (*machinery cost*)
- *Non weight cost* (biaya klasifikasi, konsultan, *trial cost*, dan lain-lainnya)

Biaya operasional kapal dibagi menjadi 2 yaitu:

- Biaya Tetap
 - a. Biaya Penyusutan Kapal
 - b. Biaya Bunga Modal
 - c. Biaya Asuransi Kapal
 - d. Biaya ABK
- Biaya Tidak Tetap
 - a. Biaya BBM
 - b. Biaya Pelumas
 - c. Biaya Perbekalan dan Perlengkapan
 - d. Biaya Air Tawar
 - e. Biaya *Repair, Maintenance, Supplies* (RMS)

(Prasetyo, 2015)

II.3. Tinjauan Wilayah

Pelabuhan Ujung adalah pelabuhan penyeberangan dengan kedalaman 8 meter di Kota Surabaya, Jawa Timur yang menghubungkan Surabaya dengan Pulau Madura yaitu di Pelabuhan Kamal, Kabupaten Bangkalan. Rata-rata durasi perjalanan yang diperlukan antara Ujung ke Kamal atau sebaliknya dengan feri ini adalah sekitar 30 menit.



Gambar II.19 Rute Penyeberangan Ujung-Kamal

Sumber: google maps

Pelabuhan ujung termasuk di dalam kawasan Pelabuhan Tanjung Perak. Pelabuhan Tanjung Perak adalah Pelabuhan Surabaya yang terletak pada posisi 112°43'22" garis Bujur Timur dan 07°11'54" Lintang Selatan. Tepatnya di Selat Madura sebelah Utara kota Surabaya yang meliputi daerah perairan seluas 1.574,3 ha dan daerah daratan seluas 574,7 ha.



Gambar II.20 Pelabuhan Ujung Surabaya

Sumber: <http://www.google-earth.com>

Pada Gambar II.20 dapat dilihat kondisi lalu lintas penyeberangan di Pelabuhan Ujung Surabaya. Menurut PT. Angkutan Sungai Danau dan Penyeberangan (ASDP) Cabang Surabaya (2017), pada jalur penyeberangan Ujung-Kamal ada 3 kapal tipe KMP yang melayani jasa penyeberangan.



Gambar II.21 Pelabuhan Kamal Bangkalan Madura

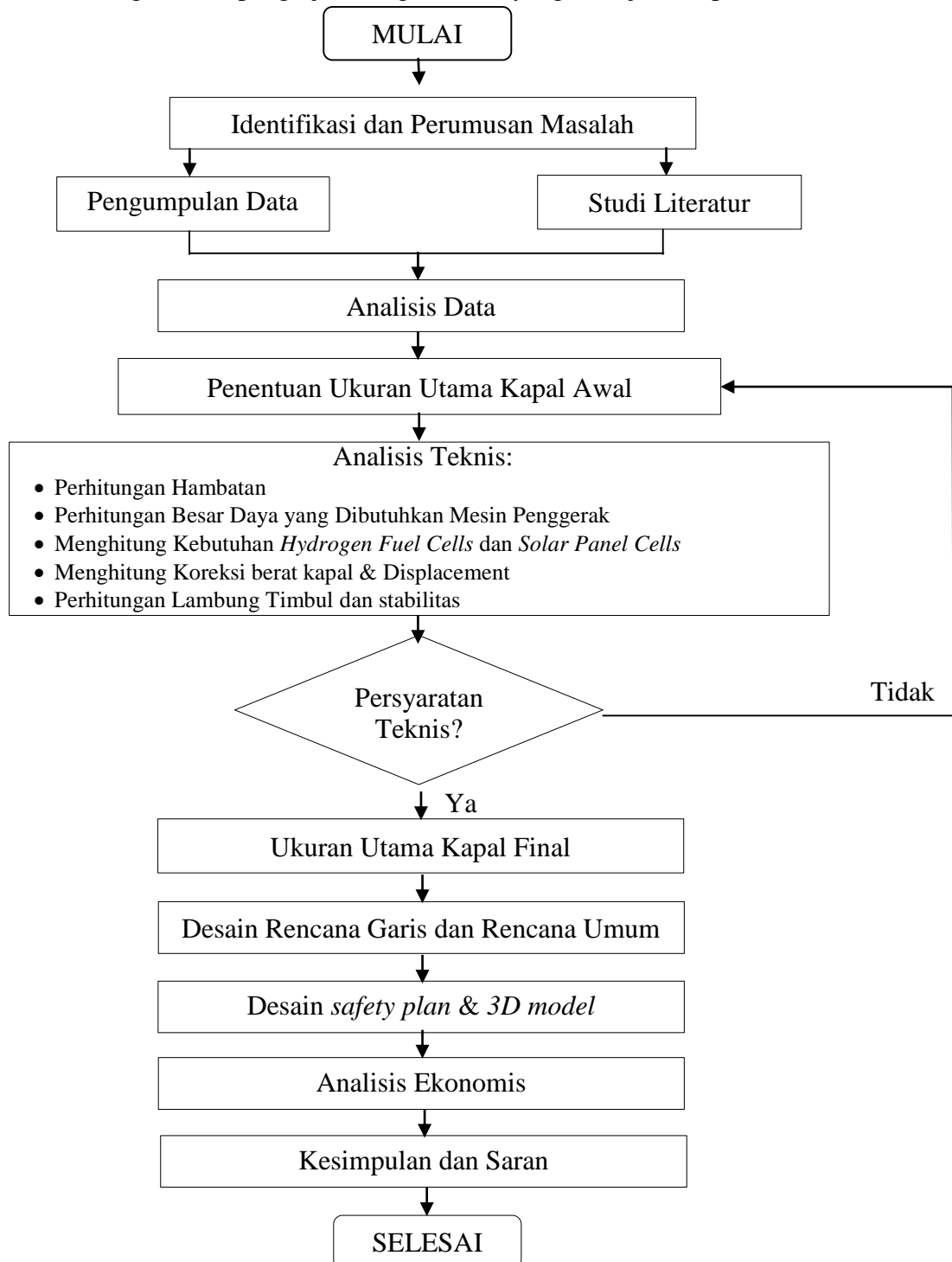
Sumber: <http://www.google-earth.com>

Kondisi lalu lintas penyeberangan di Pelabuhan kamal Bangkalan, Madura dapat dilihat pada Gambar II.21. Pada tahun 2017 ada tiga kapal yang melayani penyeberangan di Ujung-Kamal yaitu KMP Gajah Mada, KMP Jokotole, dan KMP Tongkol.

BAB III METODOLOGI

III.1. Diagram Alir

Berikut adalah diagram alir pengerjaan Tugas Akhir yang ditunjukkan pada Gambar 3.1



Gambar III. 1 Diagram alir pengerjaan Tugas Akhir

III.2. Tahap Pengerjaan

III.2.1. Tahap Identifikasi Masalah

Pada tahap awal ini dilakukan identifikasi permasalahan berupa:

1. Tingkat emisi gas buang kendaraan bermotor di Indonesia
2. Pengusaha ASDP terus merugi sehingga ingin keluar dari jalur penyeberangan Ujung-Kamal yang semakin sepi
3. Pemerintah Jawa Timur menolak menutup jalur penyeberangan Ujung-Kamal

III.2.2. Tahap Studi Literatur

Pada tahap ini dilakukan studi literatur yang berkaitan dengan permasalahan pada Tugas Akhir ini. Studi literatur dilakukan untuk mendapatkan pengetahuan serta teori-teori yang berkaitan dengan Tugas Akhir ini, bisa dalam bentuk hasil penelitian sebelumnya agar bisa lebih memahami permasalahan dan pengembangan yang dilakukan. Studi yang dilakukan diantaranya:

➤ Cara Kerja *Hydrogen Fuel Cell* dan *Solar Panel Cell*

Perlu untuk diketahui bagaimana proses gas hidrogen bisa digunakan sebagai bahan bakar pengganti BBM untuk menggerakkan sistem propulsi kapal, serta proses pemanfaatan energi matahari sebagai sumber listrik di kapal. Sehingga dapat ditentukan besar kebutuhan dari *hydrogen fuel cell* dan *solar panel cell* yang akan digunakan pada kapal.

➤ Metode Desain kapal

Ada beberapa metode dalam proses mendesain kapal yang perlu diketahui dan dapat dijadikan sebagai pertimbangan dalam pemilihan metode mana yang sesuai.

III.2.3. Tahap Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data dalam Tugas Akhir ini adalah metode pengumpulan secara tidak langsung (sekunder). Pengumpulan data ini dilakukan dengan mengambil data terkait dengan permasalahan dalam tugas ini. Adapun data-data yang diperlukan antara lain:

1. Data Jumlah Pengguna Jasa Ujung-Kamal

Data mengenai jumlah pengguna jasa Ujung-Kamal didapatkan dari PT. Angkutan Sungai Danau dan Penyeberangan (ASDP) cabang Surabaya. Data tersebut merupakan data akumulasi pertahun setelah adanya Jembatan Suramadu yaitu tahun 2011 hingga 2015. Untuk data pada periode 2016-2017 didapatkan dengan cara *forecasting* (peramalan) dikarenakan data 2016 belum ada dari PT. ASDP, sedangkan data tahun 2017 nantinya dikembangkan menjadi acuan dalam penentuan *payload*.

2. Data *Generator Set Hydrogen Fuel Cell* dan *Solar Panel*

Untuk mesin yang akan digunakan nantinya akan diambil dari katalog mesin dan website alibaba.com.

III.2.4. Tahap Pengolahan Data

Dari data-data yang didapatkan, maka proses berikutnya adalah pengolahan data tersebut sebagai input dalam perhitungan selanjutnya. Pengolahan data tersebut dilakukan untuk mengetahui beberapa hal diantaranya:

1. *Payload*
2. Ukuran utama kapal
3. Menghitung kebutuhan *hydrogen fuel cell* dan *solar panel cell*
4. Menghitung *Light Weight Tonnage* dan *Dead Weight Tonnage*
5. Menghitung *displacement*
6. Menghitung *freeboard*
7. Menghitung stabilitas

III.2.5. Tahap Perencanaan

Pada tahapan ini akan dilakukan proses perencanaan (desain) kapal dengan sistem penggerak hibrida. Perencanaan yang dilakukan terbagi menjadi 2 yaitu:

1. Desain Rencana Garis

Pembuatan rencana garis dilakukan dengan bantuan *software maxsurf*. Setelah proses desain rencana garis selesai, proses berikutnya adalah menyempurnakan atau menyelesaikan desain rencana garis dengan bantuan *software AutoCad*.

2. Desain Rencana Umum

Dari rencana garis yang telah didesain, dibuatlah rencana umum dari tampak depan, samping, dan belakang. Di dalam rencana umum ini sudah termasuk penataan ruangan, peralatan, perlengkapan, muatan, dan hal lainnya.

3. Desain Perencanaan Keselamatan Kapal

Dari rencana umum yang telah didesain, dibuatlah perencanaan keselamatan kapal. Di dalam perencanaan keselamatan kapal ini jumlah penumpang diperhitungkan dalam penentuan jumlah peralatan keselamatan. Perencanaan keselamatan kapal mengacu pada SOLAS 1974.

4. Pemodelan 3D

Dari rencana garis dan rencana umum yang telah diselesaikan, maka dibuatlah permodelan 3D dari desain kapal ini dengan bantuan *software maxsurf* dan *sketchup*.

III.2.6.Perhitungan Biaya

Perhitungan biaya yang dilakukan adalah estimasi biaya pembangunan kapal, estimasi BEP (*Breakeven Point*) dan harga tiket penyeberangan.

III.2.7.Kesimpulan dan Saran

Pada tahap ini dirangkum hasil desain yang didapat dan saran untuk pengembangan lebih lanjut. Setelah semua tahapan selesai dilaksanakan, selanjutnya ditarik kesimpulan dari analisis dan perhitungan. Kesimpulan berupa ukuran utama kapal dan koreksi terhadap standar yang ada.

Saran dibuat untuk menyempurnakan terhadap beberapa hal yang belum tercakup di dalam proses desain ini.

BAB IV

ANALISIS TEKNIS

IV.1. Umum

Analisis teknis pada kapal ini meliputi beberapa aspek, antara lain sebagai berikut:

1. Perhitungan dan pemeriksaan kriteria *freeboard* dan *tonnage* mengacu pada NCVS (*Non Convention Vessel Standard*) dan *International Convention on Tonnage Measurement of Ships* 1969 dari IMO (*International Maritime Organization*).
2. Pemeriksaan kondisi keseimbangan kapal sebelum, meliputi pemeriksaan kriteria stabilitas berdasarkan *Intact Stability (IS) Code* IMO dan kriteria trim berdasarkan SOLAS 1974 Reg. II/7.
3. Perencanaan *Safety Plan*.
4. Perencanaan sistem pengikatan kendaraan di kapal.

IV.2. Penentuan *Payload*

Penentuan *payload* dari Kapal Motor Penyeberangan ini berdasarkan jumlah pengguna jasa di Pelabuhan Ujung-Kamal meliputi jumlah penumpang, kendaraan, dan bagasi. Dari data yang didapatkan, kemudian dihitung *payload* dari luasan geladak penumpang dan geladak kendaraan.

Data jumlah pengguna jasa ini didapatkan dari data akumulasi yang bersumber dari PT. Angkutan Sungai Danau dan Penyeberangan (ASDP) Cabang Surabaya. Data yang diperoleh dalam bentuk data akumulasi pengguna jasa per tahun selama tahun 2011 hingga tahun 2015. Sedangkan data tahun 2016 dan 2017, diperoleh dengan metode *forecasting* (peramalan) jangka panjang dengan bantuan ms. Excel.

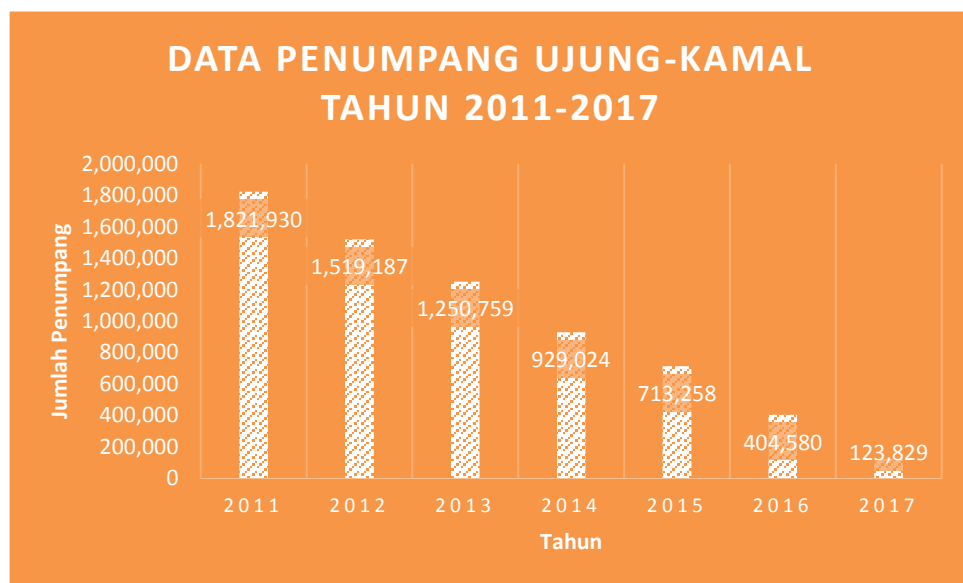
Berikut ini adalah data pengguna jasa di Pelabuhan Ujung Surabaya-Kamal Bangkalan mulai tahun 2011 hingga 2017.

Tabel IV.1 Jumlah Pengguna Jasa Ujung-Kamal

DATA ANGKUTAN					
No	Tahun	Penumpang	Roda 2	Roda 4	Bagasi
1	2011	1,821,930	791,146	104,105	52,631
2	2012	1,519,187	733,437	87,714	49,103
3	2013	1,250,759	726,677	92,727	48,069
4	2014	929,024	666,315	96,920	44,841
5	2015	713,258	638,897	83,123	46,851
6	2016	404,580	599,808	83,090	43,552
7	2017	123,829	562,646	79,815	41,970
Total		6,762,566	4,718,927	627,494	327,018
Rata-rata/tahun		966,081	674,132	89,642	46,717

Sumber: ASDP, 2017

Pada Tabel IV.1 menunjukkan jumlah pengguna jasa penyeberangan Ujung-Kamal pada periode 2011 hingga 2017 dengan rata-rata per tahun adalah 966081 penumpang, 674132 roda dua, 89642 roda empat, dan 46717 ton bagasi.



Gambar IV.1 Grafik Jumlah Penumpang Penyeberangan Ujung-Kamal

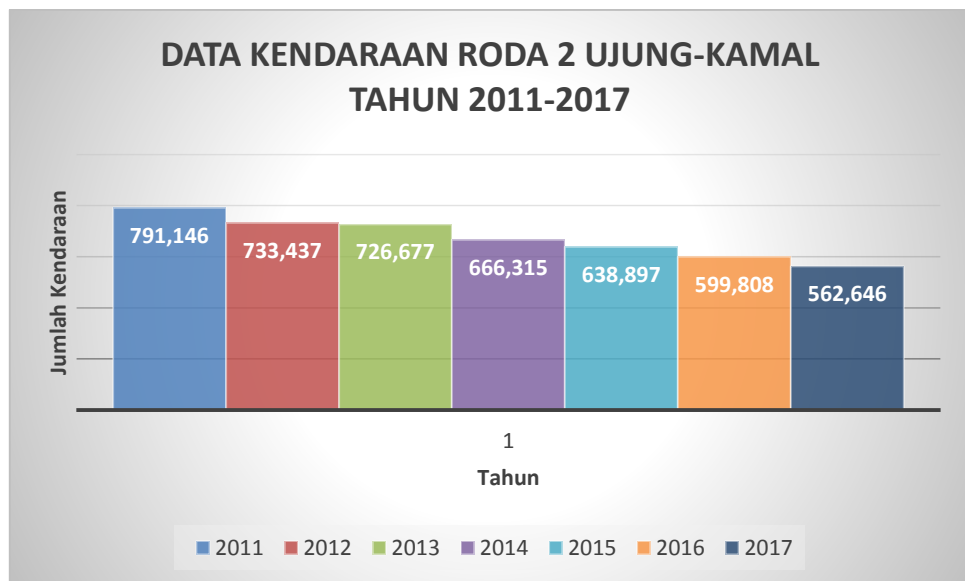
Gambar IV.1 merupakan data jumlah penumpang penyeberangan Ujung-Kamal pada periode 2011 hingga 2017 yang ditampilkan dalam bentuk grafik. Untuk mendapatkan jumlah penumpang per kapal dalam satu kali *trip*, maka harus dilakukan perhitungan rata-rata setiap kapal. Perhitungan rata-rata dilakukan dengan cara membagi nilai rata-rata penumpang dari tahun 2011-2017 dengan jumlah hari dalam satu tahun yaitu 365 hari. Pada Tabel IV.1 diketahui

rata-rata penumpang/tahun adalah 966081 orang, sehingga rata-rata penumpang dalam sehari untuk 1 kapal yaitu:

$$\text{Rata-rata penumpang/tahun} = 966081$$

$$\begin{aligned}\text{Rata-rata penumpang perhari} &= 966081 : 365 \text{ hari} \\ &= 2647 \text{ penumpang}\end{aligned}$$

Untuk detail perhitungan jumlah penumpang per kapal dalam satu kali *trip* bisa dilihat pada Tabel IV.3.



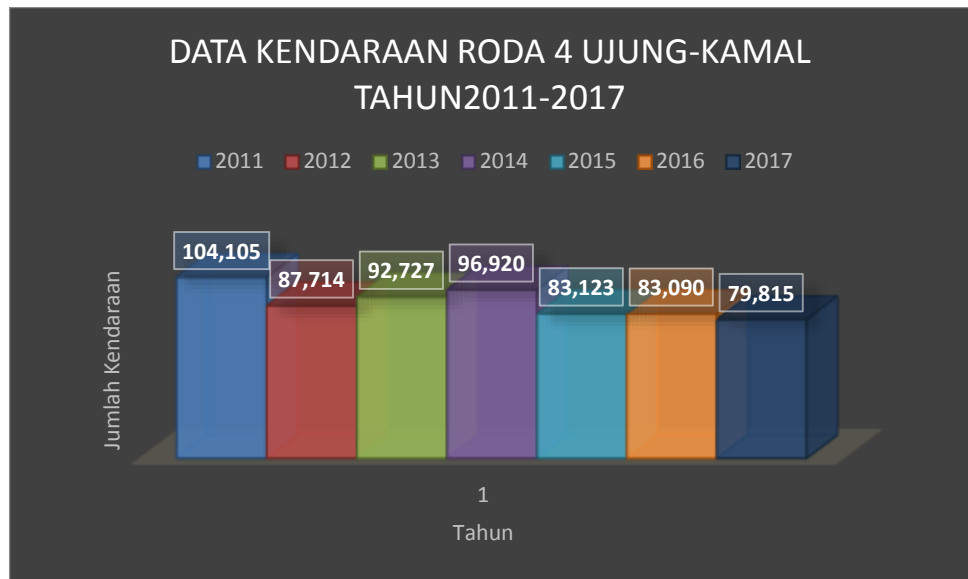
Gambar IV.2 Grafik Jumlah Kendaraan Roda 2

Jumlah kendaraan roda 2 yang menggunakan jasa penyeberangan Ujung-Kamal pada periode 2011 hingga 2017 yang ditampilkan dalam bentuk grafik pada Gambar IV.2. Untuk mendapatkan jumlah muatan per kapal dalam satu kali *trip*, maka harus dilakukan perhitungan rata-rata setiap kapal. Perhitungan rata-rata dilakukan dengan cara membagi nilai rata-rata muatan dari tahun 2011-2017 dengan jumlah hari dalam satu tahun yaitu 365 hari. Pada Tabel IV.1 diketahui rata-rata roda dua/tahun adalah 674132 unit, sehingga rata-rata kendaraan roda dua dalam sehari untuk 1 kapal yaitu:

$$\text{Rata-rata roda dua/tahun} = 674132$$

$$\begin{aligned}\text{Rata-rata roda dua perhari} &= 674132 : 365 \text{ hari} \\ &= 1847 \text{ roda dua}\end{aligned}$$

Untuk detail perhitungan jumlah kendaraan roda dua per kapal dalam satu kali *trip* bisa dilihat pada Tabel IV.3.



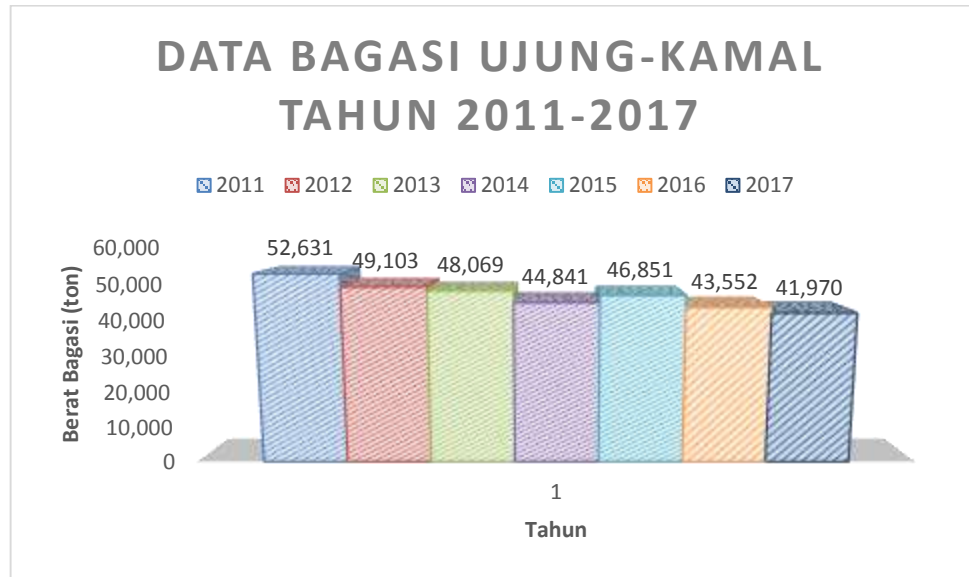
Gambar IV.3 Grafik Jumlah Kendaraan Roda 4

Gambar IV.3 merupakan data jumlah kendaraan roda 4 yang menggunakan jasa penyeberangan Ujung-Kamal pada periode 2011 hingga 2017 yang ditampilkan dalam bentuk grafik. Untuk mendapatkan jumlah muatan per kapal dalam satu kali *trip*, maka harus dilakukan perhitungan rata-rata setiap kapal. Perhitungan rata-rata dilakukan dengan cara membagi nilai rata-rata muatan dari tahun 2011-2017 dengan jumlah hari dalam satu tahun yaitu 365 hari. Pada Tabel IV.1 diketahui rata-rata roda empat/tahun adalah 89642 unit, sehingga rata-rata kendaraan roda empat dalam sehari untuk 1 kapal yaitu:

$$\text{Rata-rata roda empat/tahun} = 89642$$

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata roda empat perhari} &= 89642 : 365 \text{ hari} \\ &= 246 \text{ roda empat} \end{aligned}$$

Untuk detail perhitungan jumlah kendaraan roda empat per kapal dalam satu kali *trip* bisa dilihat pada Tabel IV.3.



Gambar IV.4 Grafik Data Bagasi

Jumlah bagasi pada jasa penyeberangan Ujung-Kamal pada periode 2011 hingga 2017 yang ditampilkan dalam bentuk grafik pada Gambar IV.4. Untuk mendapatkan jumlah muatan per kapal dalam satu kali *trip*, maka harus dilakukan perhitungan rata-rata setiap kapal. Perhitungan rata-rata dilakukan dengan cara membagi nilai rata-rata muatan dari tahun 2011-2017 dengan jumlah hari dalam satu tahun yaitu 365 hari. Pada Tabel IV.1 diketahui rata-rata bagasi/tahun adalah 46717ton, sehingga rata-rata berat bagasi dalam sehari untuk 1 kapal yaitu:

$$\text{Rata-rata bagasi/tahun} = 46717$$

$$\text{Rata-rata bagasi perhari} = 46717 : 365 \text{ hari}$$

$$= 127.99 \text{ ton}$$

Untuk detail perhitungan berat bagasi per kapal dalam satu kali *trip* bisa dilihat pada Tabel IV.3

Dari data 2011 hingga 2017, maka direncanakan operasional kapal pada tahun 2017 sebagai berikut.

Tabel IV.2 Rencana Operasional Kapal

Jumlah Kapal	3	unit
Jam Operasional	Buka	5:00:00 AM
	Tutup	8:00:00 PM
Perjalanan	0.5	jam/trip
1 kapal	10	trip/hari

Pada Tabel IV.2 menunjukkan bahwa ada tiga unit kapal yang beroperasi di Ujung-Kamal mulai jam 05.00–20.00 WIB. Dalam sehari, kapal akan beroperasi sebanyak 10 kali penyeberangan.

Untuk perhitungan *payload*, diperoleh dengan cara membagi data per tahun menjadi rata-rata per hari. Selanjutnya mencari jumlah muatan 1 kapal untuk 1 kali trip, sehingga didapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel IV.3 Perhitungan Muatan

Kapal Beroperasi			
2017	perhari	= 2647	penumpang
	1 hari	= 3	kapal
	1 kapal	= 882	penumpang/hari
		= 10	penyeberangan
		= 88	penumpang/trip
	asumsi		
	berat perorang	= 75	kg
	total	= 6616.99	kg
	perhari	= 1847	roda 2
	1 hari	= 3	kapal
	1 kapal	= 616	roda 2/hari
		= 10	penyeberangan
		= 62	roda 2/trip
	asumsi		
	berat roda 2	= 200	kg
	total	= 12313	kg
	perhari	= 127.99	ton bagasi
	1 hari	= 3.00	kapal
	1 kapal	= 42.66	ton/hari
		= 10	penyeberangan
	bagasi	= 4.27	ton/trip
	perhari	= 246	roda 4
	1 hari	= 3	kapal
	1 kapal	= 82	roda 4/hari
		= 10	penyeberangan
		= 8	roda 4/trip

Jumlah muatan yang diangkut oleh kapal per trip sesuai Tabel IV.3 adalah 88 penumpang, 62 unit roda 2, 8 unit roda 4, dan 4.27 ton bagasi. Berdasarkan data inilah, maka bisa dibuat *layout* untuk mencari *payload* dari luasan geladak.

Tabel IV.4 *Payload* Luasan Deck

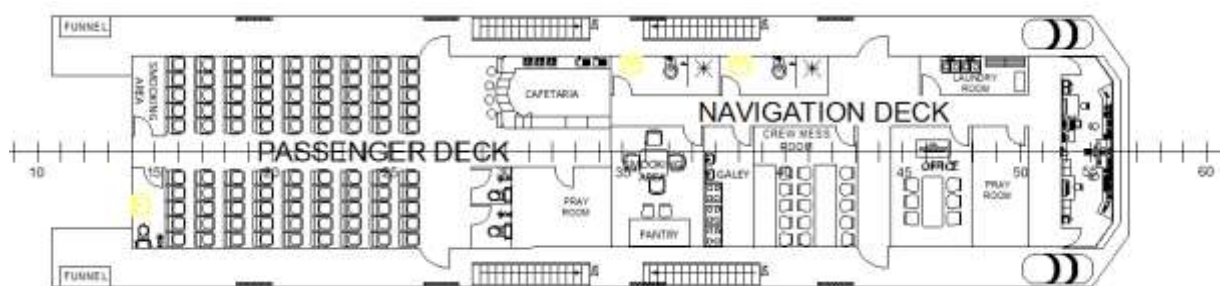
PERHITUNGAN PAYLOAD LUASAN DECK					
Jumlah komplemen	15	Orang			
Penumpang	90	Orang			
Penjaga Stand makanan	4	Orang			
Muatan	Asumsi Beban (ton)	Luas per unit (m ²)	Berat/m ²	Luasan Total (m ²)	Berat Total (ton)
Motor	0.2	0.99	0.202	85.8	17.3333
Mobil	5	4.5	1.111	33.3	37.0000
Truk	40	15.3	2.614	30.6	80.0000
Penumpang	0.075	0.16	0.469	14.4	6.7500
Crew	0.075	0.16	0.469	2.4	1.1250
Penjaga stand	0.075	0.16	0.469	0.64	0.3000
Bagasi					4.2700
Barang pnp	0.005				0.4500
Barang crew	0.005				0.075
TOTAL PAYLOAD LUASAN DECK				167.14	147.3033

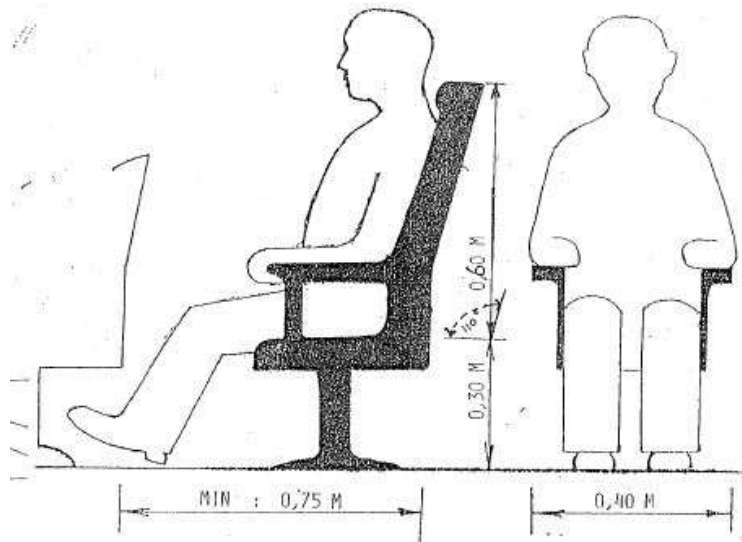
Perhitungan *payload* akhir didapat dari perhitungan luasan geladak penumpang dan kendaraan, di mana jumlah muatan yang diplot pada gambar menggunakan data perhitungan muatan pada Tabel IV.3. Tujuan menghitung *payload* luasan geladak yaitu untuk mencari berat per luasan m². Sehingga didapatkan total *payload* luasan geladak sebesar 147,3033 ton ini dilakukan pembulatan keatas sebesar 2 *digit*. Jadi *payload* dari Kapal Motor Penyeberangan ini adalah **148 Ton**.

IV.3. Penentuan Ukuran Utama

Setelah didapatkan hasil nilai *payload* dari luasan geladak, maka ukuran utama kapal awal bisa diambil dari *layout* awal berikut ini.

Jumlah kursi penumpang pada Gambar IV.5 sebanyak 90 unit, dengan ukuran standar kursi, jarak antar kursi, serta lebar akses jalan yang sudah disesuaikan dengan aturan Surat Dirjen Perhubungan Darat No. AP.005/3/13/DPRD/1994.

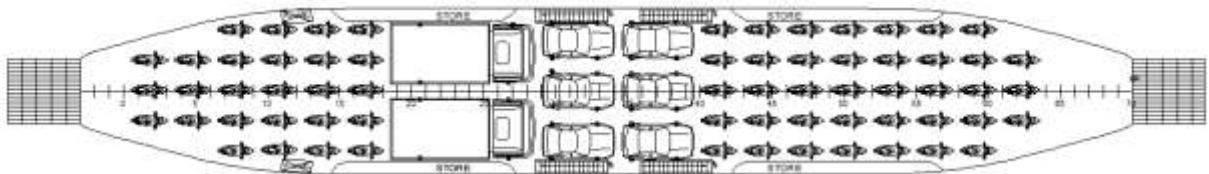
Gambar IV.5 *Pool Deck*



Gambar IV.6 Standar Minimum Kursi Penumpang

Sumber: Rohmadana, 2016

Menurut Surat Keputusan Dirjen Perhubungan Darat. No. AP.005/3/13/DPRD/1994, jarak antar baris tempat duduk minimal 750 mm dan akses jalan minimal 800 mm, seperti yang dapat dilihat pada Gambar IV.6.



Gambar IV.7 Main Deck

Jumlah motor pada Gambar IV.7 sebanyak 64 unit, 8 unit roda 4 dengan asumsi jumlah mobil lebih banyak dari jumlah truk yaitu 6 unit mobil dan 2 unit truk. Jarak antar kendaraan sudah disesuaikan dengan aturan *Lashing* Keputusan Menteri Perhubungan 115 Tahun 2016.

Ukuran utama pada kapal ini ditentukan berdasarkan jumlah muatan dan disesuaikan dengan aturan penempatan kendaraan di atas kapal penyeberangan. Sehingga didapatkan ukuran utama kapal sebagai berikut:

Lpp : 42 m

Lwl : 43.68 m

B : 6.9 m

H : 3 m

T : 2 m

Ukuran utama tersebut kemudian disesuaikan dengan batasan-batasan perbandingan ukuran utama sebagai berikut:

$$L/B = 6.095.3 < L/B < 8$$

$$B/T = 3.453.2 < B/T < 4$$

$$L/T = 21.0010 < L/T < 30$$

$$L/16 = 2.63H > L/16$$

Dari pengecekan batasan–batasan perbandingan ukuran utama tersebut dapat disimpulkan bahwa ukuran utama kapal memenuhi karena hasil perbandingan masuk dalam *range* yang telah ditentukan (PNA, Vol.II).

Dari perhitungan teknis yang telah dilakukan, dilakukan pengecekan teknis meliputi pengecekan berat, stabilitas, *trim*, dan lambung timbul kapal. Dari pengecekan teknis yang telah dilakukan, diketahui bahwa ukuran utama awal yang digunakan sudah memenuhi pengecekan berat.

IV.4. Perhitungan Teknis

Setelah didapatkan ukuran utama kapal, dan telah disesuaikan dengan batasan rasio ukuran utama kapal selanjutnya dilakukan perhitungan teknis meliputi perhitungan hambatan kapal, perhitungan berat baja kapal, perhitungan peralatan dan perlengkapan, perhitungan permesinan, perhitungan LWT, perhitungan DWT, trim, lambung timbul dan stabilitas.

IV.4.1. Perhitungan Hambatan Kapal

Setelah didapatkan ukuran utama kapal selanjutnya dilakukan perhitungan hambatan. Perhitungan ini menggunakan metode Holtrop, dimana hambatan yang akan dihitung antara lain, hambatan kekentalan (*viscous resistance*), hambatan bentuk (*resistance of appendages*), hambatan gelombang (*wave making resistance*) dan hambatan udara (*air resistance*). Dengan menggunakan metode Holtrop tersebut maka diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel IV.5 Rekap Hambatan dan Propulsi

Rekap Hambatan dan Propulsi		
Rt	17.143	kN
EHP	88.18	kW
DHP	147.579	kW
BHP	176.714	kW

Pada Tabel IV.5 diperoleh besarnya BHP adalah 176.714 kW, dimana nilai BHP ini nantinya akan digunakan sebagai acuan untuk menentukan mesin yang akan digunakan. Untuk detail perhitungan bisa dilihat pada Lampiran A.

IV.4.2. Perhitungan Berat Baja Kapal

Perhitungan berat baja kapal didapatkan dengan menggunakan metode Harvald & Jensen (Schneekluth, 1998). Berikut ini adalah hasil perhitungan berat baja kapal:

Volume Deck House

$$\begin{aligned} V_{\text{tot}} &= V_1 + V_2 \\ &= 455.566 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Total Berat Baja

$$\begin{aligned} W_{\text{ST}} &= L_{\text{PP}} \cdot B \cdot DA \cdot C_S \\ &= 141.61 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Titik Berat Baja

$$\begin{aligned} \text{KG} &= DA \cdot C_{\text{KG}} \\ &= 3.155 \text{ m} \\ \text{LCG}_M &= \text{LCB}(\%) \cdot L_{\text{PP}} \\ &= -0.427 \text{ m} \end{aligned}$$

IV.4.3. Perhitungan Berat Peralatan dan Perlengkapan

Tabel IV.6 Perhitungan Berat Peralatan dan Perlengkapan

No	Peralatan	Jumlah	Berat (ton/unit)	Total (ton)
1	Kursi penumpang	90	0.01	0.9000
2	Lifebuoy	12	0.003	0.036
3	Set Navigasi & komunikasi	1	39.0797	39.0797
4	Railing	1	0.0585	0.058
5	Jangkar	2	0.660	1.320
6	Solar panel	54	0.028	1.512
7	Battery	2	0.34	0.6800
8	Komponen kelistrikan	1	0.1	0.1
9	Ramp door	2	0.732405	1.46481
10	Kaca Polycarbonate	1	0.313	0.312984
11	Liferaft	4	0.110	0.44
12	Peralatan Lashing	96	0.001	0.0624
13	Life Jacket	105	0.004	0.42
TOTAL				46.3864

Sumber: www.alibaba.com

Sehingga W peralatan dan perlengkapan total adalah 46.3864 ton

Titik berat dari peralatan dan perlengkapan adalah sebagai berikut:

LCG = 9.937 m, dibelakang midship

LCG = 32.063m, dari FP

IV.4.4. Perhitungan Permesinan

Perhitungan berat permesinan (*Ship Design and Efficiency, 2nd edition*) dapat dilihat pada Tabel IV.7 berikut.

Tabel IV.7 Perhitungan Berat Permesinan

Komponen	Berat (ton)
Berat <i>main engine</i>	2.88
Berat <i>unit electrical</i>	6.5
Berat propulsi (gear, propeller, shaft)	2.048
Berat komponen hidrogen	4.604
Berat lain-lain	23.17
TOTAL	39.2

Dari perhitungan komponen permesinan yang sudah dilakukan, didapatkan berat total permesinan adalah 39.2 ton. Untuk detail perhitungan permesinan bisa dilihat pada Lampiran A. Titik berat dari permesinan adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 LCG_M &= - (LCG_{FP} - 0.5 \cdot L_{PP}) \\
 &= -15.58 \quad m \\
 KG &= 1.48 \quad m
 \end{aligned}$$

IV.4.5. Perhitungan LWT

Berat LWT merupakan berat kapal kosong dan terdiri dari berat baja kapal, berat permesinan, dan peralatan yang digunakan. Tabel IV.8 merupakan rekapitulasi perhitungan berat LWT kapal yang didesain.

Tabel IV.8 Rekapitulasi Titik Berat LWT

Rekapitulasi Titik Berat				
No	Item	Result	Unit	Keterangan
LWT				
Titik Berat Baja Kapal				
1	Berat	141.615	ton	
	KG	2.469	m	
	LCG	20.573	m	dari FP
Titik Berat Permesinan				
2	Berat	39.2	ton	
	KG	3.155	m	
	LCG	36.580	m	dari FP
Titik Berat E&O				
3	Berat	46.3864	ton	
	KG	4.801	m	
	LCG	32.063	m	dari FP

IV.4.6. Perhitungan DWT

Komponen berat kapal DWT dalam Tugas Akhir ini terdiri dari berat *crew* dan barang bawaannya, berat tangki air tawar, berat tangki bahan bakar, berat tangki minyak pelumas, serta berat tangki HFO.

Tabel IV.9 Berat DWT

No	Item	Value	Unit
1	<i>Payload</i>		
	Berat total	147.3033	ton
2	Berat Bahan Bakar		
	Jumlah tangki gas H2	1	unit
	Berat tangki gas H2	0.001	ton/unit
	Berat total tangki gas H2	0.001	ton
	Berat total <i>consumable</i> dan <i>crew</i>	1.171	ton
	Berat total	1.172	ton
No	Komponen Berat Kapal Bagian DWT	Value	Unit
1	<i>Payload</i>	147.3033	ton
2	Berat Bahan Bakar	1.172	ton
	TOTAL	148.475	ton

Tabel IV.9 merupakan rekapitulasi hasil perhitungan berat DWT kapal yang terdiri dari berat penumpang dan barang bawaan, serta berat tangki bahan bakar.

Tabel IV.10 Rekapitulasi Titik Berat DWT

Rekapitulasi Titik Berat				
No	Item	Result	Unit	Keterangan
DWT				
Titik Berat Consumables				
1	Berat	1.171	ton	
	KG	4.344	m	
	LCG	42.318	m	dari FP
Titik Berat Payload				
2	Berat	147.30	ton	
	KG	1.5	m	
	LCG	17.989	m	dari FP

Pada Tabel IV.8 tentang rekapitulasi LWT dan Tabel IV.10 tentang rekapitulasi DWT dapat dilihat hasil perhitungan titik berat kapal dengan menggunakan formula yang sudah dijelaskan pada Bab Metodologi Penelitian sebelumnya. Setelah semua hasil dikalkulasikan maka didapatkan titik berat secara total dari kapal ini. Nilai *keel to gravity* (KG) untuk kapal ini sebesar 2.279 m dan nilai *longitudinal centre of gravity* (LCG) sebesar 22.701 m dari FP.

Untuk detail dari perhitungan ini dapat dilihat pada Lampiran A yang terdapat di bagian belakang laporan ini.

IV.4.7. Perhitungan Displasemen Kapal

Tabel IV.11 Pengecekan Displasemen Kapal

Komponen	Berat (ton)
DWT	148.475
LWT	227.202
Berat Kapal (DWT+LWT)	375.676
Displasemen ($Lwl \times B \times T \times Cb \times p$)	393.56
Selisih berat	17.89
Margin	4.5%

Berat kapal terdiri dari dua komponen, yaitu komponen DWT (*Dead Weight Tonnage*) dan komponen LWT (*Light Weight Tonnage*). Dari perhitungan yang dilakukan didapatkan margin berat kapal sebesar 4.5%. Sedangkan margin maksimal berat kapal yang diijinkan adalah 10%, sehingga perhitungan berat kapal diterima.

IV.4.8. Perhitungan *Trim*

Trim adalah perbedaan tinggi sarat kapal antara sarat depan dan belakang. Sedangkan *even keel* merupakan kondisi di mana sarat belakang T_b dan sarat depan T_a adalah sama. *Trim* terbagi dua yaitu:

1. *Trim* haluan
2. *Trim* buritan

Adapun batasan untuk *trim* didasarkan pada selisih harga mutlak antara LCG dan LCB dengan batasan $\leq Lpp/50$ sesuai aturan NCVS 2009. Apabila perhitungan tidak memenuhi syarat, maka dapat diperbaiki dengan cara menggeser letak tangki-tangki yang telah direncanakan sebelumnya pada gambar rencana umum awal atau mengubah volume tangki-tangki pada *loadcase stability*. Untuk detail perhitungan pemeriksaan sarat dan *trim* kapal dapat dilihat pada Tabel IV.12.

Tabel IV.12 Kondisi *Trim* pada Tiap *Loadcase*

No	Kondisi	Batasan	Nilai	Status
1	Loadcase 1	0.84	0.64	Diterima
2	Loadcase 2	0.84	0.796	Diterima
3	Loadcase 3	0.84	0.813	Diterima
4	Loadcase 4	0.84	0.688	Diterima
5	Loadcase 5	0.84	0.446	Diterima
6	Loadcase 6	0.84	0.795	Diterima

Kondisi *trim* kapal pada semua *loadcase* telah **memenuhi** kriteria dari NCVS 2009 yaitu *trim* kapal tidak melebihi nilai $Lpp/50$ sebesar 0.84.

IV.4.9. Perhitungan *Freeboard*

Lambung timbul atau *freeboard* merupakan daya apung cadangan kapal dan memiliki dampak langsung terhadap keselamatan, baik keselamatan *crew*, muatan, dan kapal itu sendiri. Besarnya nilai *freeboard* diukur dari jarak secara vertikal pada bagian midship kapal dari tepi garis geladak hingga garis air di area midship. Dalam peraturan (*Non Conventional Vessel Standard*), perhitungan nilai *freeboard* dibedakan menjadi dua tipe sesuai dengan jenis dan kriteria kapal, yaitu kapal tipe A yang memiliki kriteria sebagai kapal yang didesain memuat muatan cair curah, memiliki akses bukaan ke kompartemen yang kecil, serta ditutup penutup bermaterial baja yang kedap, dan memiliki kemampuan menyerap air atau gas yang rendah pada ruang muat yang terisi penuh. Contoh jenis kapal yang termasuk pada tipe A adalah Tanker dan LNG Carrier. Sedangkan kapal tipe B adalah kapal yang tidak memenuhi kriteria dari kapal tipe A. Sehingga Kapal Motor Penyeberangan ini merupakan kapal dengan tipe B.

Perhitungan lambung timbul secara rinci dapat dilihat dalam lampiran perhitungan lambung timbul dan pada Tabel IV.13 merupakan rekapitulasi perhitungan lambung timbul yang mengacu pada formula yang diatur oleh (*Non Conventional Vessel Standard*).

Tabel IV.13 Rekapitulasi Lambung Timbul

Komponen Koreksi		<i>Freeboard</i>
<i>Freeboard</i> Standard	Fb1	33.6 cm
Fb koreksi Cb	Fb2	0 cm
Fb Koreksi <i>Depth</i>	Fb3	4 cm
Fb <i>Deduction</i>	Fb4	-36 cm
Total <i>Freeboard</i> min	Fb'	1.6 cm

Lambung timbul minimum air laut untuk kapal Tipe B adalah lambung timbul setelah dikoreksi dengan penambahan atau pengurangan. Besarnya lambung timbul tidak boleh kurang dari 15 cm. karena nilai Fb' adalah 1.6 cm, maka diambil nilai lambung timbul minimum yaitu

15 cm. *Freeboard* sebenarnya pada kapal ini adalah 1 m. karena *Fb Actual* lebih besar dari *Fb'* (*Fb* minimal) maka *freeboard* Kapal Motor Penyeberangan telah **memenuhi** persyaratan lambung timbul NCVS.

IV.4.10. Perhitungan Stabilitas

Kapal yang akan dibangun harus dapat dibuktikan secara teoritis bahwa kapal tersebut memenuhi standard keselamatan pelayaran *Safety Of Life At Sea* (SOLAS) atau *International Maritime Organization* (IMO). Perhitungan stabilitas dilakukan dengan bantuan software *Maxsurf Stability Enterprise Education Version*. Kriteria stabilitas yang digunakan dalam perhitungan *software* adalah IS Code 2008. Tabel IV.14 merupakan rangkuman hasil perhitungan yang telah dibandingkan dengan batasanya:

Tabel IV.14 Stabilitas Kapal

Data	LC I	LC II	LC III	LC IV	LC V	LC VI	Kriteria IMO	Kondisi
e_{0-30° (m.deg)	21.4987	20.222	21.065	23.071	21.199	23.979	≥ 3.1513	Diterima
e_{0-40° (m.deg)	38.3437	36.099	37.562	40.284	37.603	42.033	≥ 5.1566	Diterima
e_{30-40° (m.deg)	16.845	15.876	16.496	17.212	16.404	18.054	≥ 1.7189	Diterima
h_{30° (m.deg)	3.174	3.091	3.113	3.313	3.176	3.301	≥ 0.2	Diterima
θ_{\max} (deg)	82.7	84.5	82.7	87.3	84.5	84.5	≥ 25	Diterima
GM_0 (m)	2.738	2.584	2.682	2.969	2.711	3.061	≥ 0.15	Diterima

Keterangan:

- e_{0-30° adalah luas bidang dibawah kurva lengan statis (GZ) sampai 30° sudut oleng,
- e_{0-40° adalah luas bidang dibawah kurva lengan statis (GZ) sampai 40° sudut oleng,
- e_{30-40° adalah luasan bidang yang terletak di bawah lengkung lengan statis (GZ) diantara sudut oleng 30° dan 40°
- h_{30° adalah lengan statis (GZ) pada sudut oleng $> 30^\circ$.
- θ_{\max} adalah sudut dimana lengan stabilitas statis (GZ) maksimum terjadi.
- GM_0 adalah tinggi metacentre (MG) pada sudut oleng 0° .
- Loadcase I adalah tangki berisi 10% dan muatan 100%.

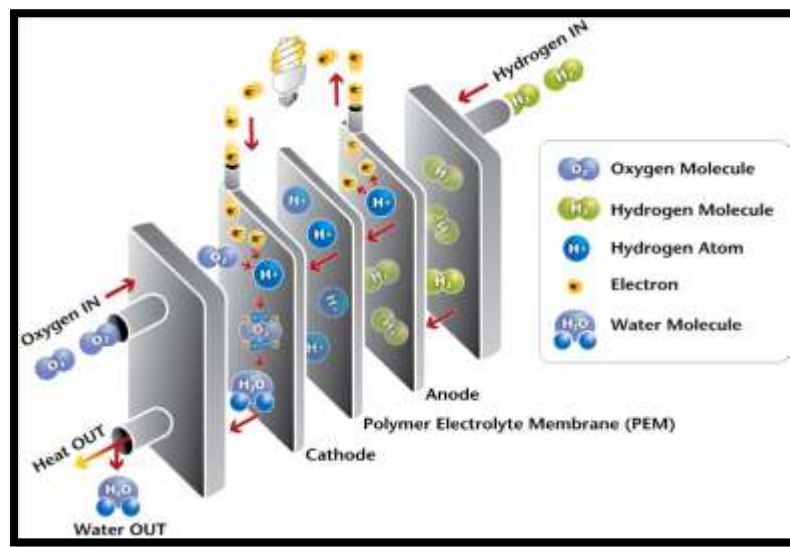
- Loadcase II adalah tangki berisi 50% dan muatan 100%.
- Loadcase III adalah tangki berisi 100% dan muatan 100%.
- Loadcase IV adalah tangki berisi 10% dan muatan 70%.
- Loadcase V adalah tangki berisi 50% dan muatan 70%.
- Loadcase VI adalah tangki berisi 100% dan muatan 70%.

IV.5. *Ramp Door*

Ramp door harus bisa membuka pada saat proses bongkar muat dan menutup pada saat kapal berlayar. Sistem buka dan tutup *ramp door* pada kapal ini menggunakan cara manual tanpa bantuan *windlass*, karena berat *ramp door* hanya sebesar 0.732 ton sehingga tidak membutuhkan sistem mekanik.

IV.6. *Electrical Arrangement*

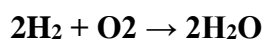
IV.6.1. Proses Elektrolisis *Fuel Cell Stack*



Gambar IV.8 Proses Elektrolisis di Dalam *Fuel Cell Stack*

Sumber: www.kajianpustaka.com

Ketika *fuel cell stack* mendapat input berupa hidrogen dan oksigen maka selanjutnya akan terjadi reaksi kimia seperti berikut.

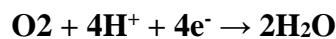


Di bagian anoda, hidrogen di oksidasi menjadi proton.



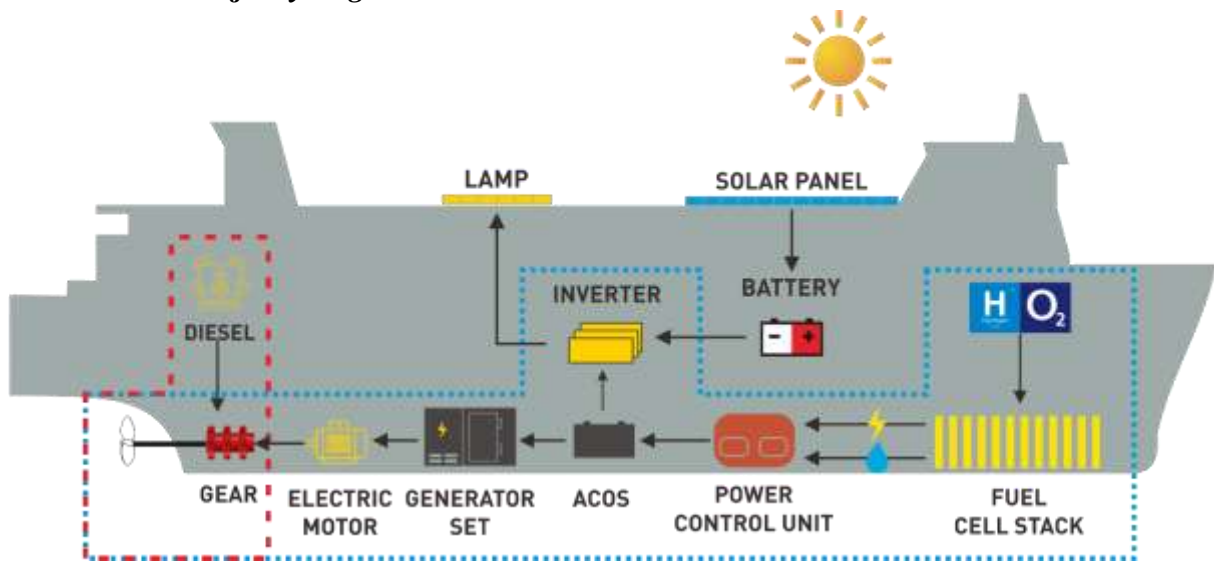
Setiap molekul H_2 terpecah menjadi dua atom H^+ (proton), sedang setiap atom hidrogen melepaskan elektronnya. Proton ini akan bergerak menuju katoda melewati membran.

Elektron yang terbentuk akan menghasilkan arus listrik kalau dihubungkan dengan penghantar listrik menuju katoda. Pada katoda oksigen diubah.



Molekul oksigen akan bergabung dengan 4 elektron, menjadi ion oksigen yang bermuatan negatif untuk selanjutnya bergabung lagi dengan proton yang mengalir dari anoda. Setiap ion oksigen akan melepaskan kedua muatan negatifnya dan bergabung dengan dua proton, sehingga terjadi oksidasi menjadi air.

IV.6.2. Cara Kerja *Hydrogen Fuel Cell*



Gambar IV.9 Cara Kerja *Hydrogen Fuel Cell*

Setelah mengetahui proses elektrolisis yang terjadi pada *fuel cell stack*, berikut merupakan serangkaian proses *hydrogen fuel cell* pada kapal motor penyeberangan:

- Kapal menggunakan *Gaseous H₂* sebagai sumber energinya, dimana *Gaseous H₂* ini didapatkan dari *H₂ fuel station* yang ada di dermaga. *Gaseous H₂* kemudian disimpan dalam *Gaseous H₂ Storage* dalam bentuk tanki silinder. Tanki yang digunakan berbahan komposit dan berjumlah 1 unit. Dari tanki ini, *Gaseous H₂* akan dialirkan ke *fuel cell stack*. *Fuel cell stack* ini merupakan tempat terjadinya reaksi kimia antara gas *H₂* dan Oksigen dari udara bebas untuk menghasilkan energi listrik. Hasil dari reaksi kimia tersebut adalah dihasilkannya listrik arus searah (*Direct Current/DC*) dan Air (*H₂O*) sebagai sisa pembakaran sehingga tidak menimbulkan emisi gas buang. Energi listrik akan terus dihasilkan selama gas *H₂* dan Oksigen dialirkan ke *Fuel cell stack*.

- Listrik DC kemudian dialirkan ke *Power Control Unit (PCU)*. *Power Control Unit* ini berfungsi sebagai pengatur distribusi untuk kebutuhan daya penggerak kapal, penyimpanan (baterai) dan inverter.
- Untuk pemindahan penggunaan sumber listrik dari diesel ke hidrogen atau sebaliknya bisa menggunakan ACOS (*Automatic Change Over Switch*) yang merupakan suatu piranti sistem listrik yang berfungsi untuk mengatur proses pemindahan sumber listrik dari sumber listrik yang satu (utama) ke sumber listrik yang lain (cadangan) secara bergantian yang sesuai dengan perintah program.
- Selanjutnya sumber listrik dari ACOS dapat digunakan untuk menggerakkan *generator set* hidrogen, serta sebagian energi listrik DC dialirkan ke inverter.
- Dikarenakan *generator set* yang digunakan adalah *generator set* hidrogen yang menggunakan energi listrik sebagai penggerakannya, maka energi listrik disalurkan ke motor listrik terlebih dahulu untuk diubah menjadi energi mekanik.
- Energi mekanik inilah yang akan digunakan untuk memutar *gear*, sehingga mampu menggerakkan propeller.

IV.6.3. Kebutuhan *Hydrogen Fuel Cell*

Tabel IV.15 Item Bahan Bakar Hidrogen

No	Item	Unit	Berat/unit	Total Berat (kg)
1	Gaseous H ₂ storage	1	20	20
2	Fuel cell stack	1	17	17
3	DC/AC inverter	1	10	10
4	Power control unit	1	25	25
5	Cable, connector, etc	1	20	20
6	Water tank	1	12	12
7	Motor listrik	2	1150	2300
8	ACOS	1	100	100
9	Genset hidrogen	2	1050	2100
TOTAL				4604
TOTAL			4.604	ton

Sumber: www.alibaba.com

Pada Tabel IV.15 terdapat komponen-komponen yang digunakan saat memakai bahan bakar hidrogen. Perhitungan berat *Gaseous H₂* dilakukan dengan menghitung berat *Gaseous H₂* yang disimpan di tiap *Gaseous H₂ Tank* dikalikan dengan jumlah *Tank*. Berat untuk *Gaseous H₂* yang disimpan dalam tiap *Gaseous H₂ Tank* dilakukan dengan menghitung volume *Gaseous*

H₂ yang dapat disimpan dalam satu *Gaseous H₂ Tank* dikalikan dengan massa jenis (*density*) *Gaseous H₂* pada tekanan yang direncanakan yaitu 350 bar.

1 Tanki *Gaseous H₂* dapat menampung 40 L *Gaseous H₂* dengan tekanan 350 bar. Sedangkan *density* dari *Gaseous H₂* pada tekanan 350 bar adalah 0.025 kilogram/L.

1 Tank Capacity = 40 L *Gaseous H₂*

H₂ Density = 0.025 kilogram/L @tekanan 350 bar

Maka 1 tangki *Gaseous H₂* dapat menampung *Gaseous H₂* sebesar berikut.

1 Tank Capacity = 40 L *Gaseous H₂* x 0.025 kilogram/L

1 Tank Capacity = 1 kilogram *Gaseous H₂* @tekanan 350 bar

1 tangki *Gaseous H₂* dapat menampung 1 kilogram, sedangkan yang direncanakan ada 1 tangki, sehingga berat keseluruhan dari *Gaseous H₂* dalam kapal adalah 1 kilogram. Adapun rincian perhitungan serta pemilihan komponen bisa dilihat pada Lampiran A.

Tabel IV.16 Spesifikasi Motor Listrik

PERHITUNGAN MOTOR LISTRIK			
BHP	176.7139081	kW	
	236.9733507	HP	
PEMILIHAN MOTOR LISTRIK			
Merk	=	ABB	
Type	=	M3BP 315MLA 10	
Daya	=	90	kW
RPM	=	600	rpm
Tegangan	=	400	Volt
Arus	=	-	
Frekuensi	=	50	Hz
Dry mass	=	1150	kg
Jumlah	=	2	ton



Sumber: www.alibaba.com

Tabel IV.17 Spesifikasi *Fuel Cell Stack*

FUEL CELL STACK		
Tipe	FCvelocity-9SSL	
Kapasitas	21	kW
Voltage	70.2	Volt
Arus	300	Ampere
Berat	0.017	Ton/unit
L*W*H	302*760*60	mm
Jumlah	1	Unit



Sumber: www.alibaba.com

Tabel IV.18 Spesifikasi ACOS

ACOS		
Automatic Change Over Switch		
Berat	100	kg/unit
Jumlah	1	unit



Sumber: www.alibaba.com

Tabel IV.19 Spesifikasi *Gaseous H₂ Storage*

PERHITUNGAN GASEOUS H₂ STORAGE		
Kapasitas/tangki	40	Liter
Massa jenis H ₂	0.025	kg/L
	23	kg/m ³
Berat H ₂ /tangki	1	kg
Kebutuhan H ₂	0.003919802	m ³
	0.090155455	kg/trip
1 tangki	11	trip
Kebutuhan	5	trip
PEMILIHAN GASEOUS H₂ STORAGE		
Merk	=	QUANTUM
Type	=	IV H ₂ Cylinders
Kapasitas	=	1 kg
Massa	=	20 kg
Tekanan	=	350 bar
Jumlah	=	1 unit
Berat	=	20 kg



Sumber: Prasetyo, 2015

Tabel IV.20 Spesifikasi *Generator Set*

Pemilihan Genset		
Merk	=	VOLVO
Type	=	SMDK-90GF
Daya	=	90 kW
RPM	=	750 rpm
W	=	- mm
L	=	2200 mm
H	=	1400 mm
Dry mass	=	1050 kg
	=	1.05 ton



Sumber: www.alibaba.com

IV.6.4. Pemilihan Baterai

29 kW or 2 hours at 14,5 kW or 4 hours at 7 kW or 8 hours at 3,5 kW.					
Size A	Length 1400 mm,	Beam 750 mm,	Height 330 mm,	Weight 340 Kg,	Energy 29 kWh
Size B	Length 1110 mm,	Beam 950 mm,	Height 330 mm,	Weight 340 Kg,	Energy 29 kWh
Size C	Length 1870 mm,	Beam 580 mm,	Height 330 mm,	Weight 340 Kg,	Energy 29 kWh
Other measurements available.					
Price for Size A ,B or C, ex work, for export Euro 22.800.- , Euro 27.360.- VAT included.					

Gambar IV.10 Pemilihan Baterai *Solar Panel*

Sumber: www.aquawatt.at

Pemilihan baterai untuk *solar panel cell* dipilih berdasarkan kapasitas power yang dihasilkan. Baterai untuk *solar panel cell* tipe *Green Power* memiliki spesifikasi waktu pemakaian selama 35 menit untuk *full power*, 1 jam saat penggunaan 29 kW, 2 jam saat pemakaian 14.5 kW, 4 jam saat penggunaan 7 kW dan 8 jam saat pemakaian 3.5 kW. Penentuan jumlah kebutuhan listrik ini diambil 25% dari daya *generator set* yaitu sebesar 45 kW. Berdasarkan perhitungan, maka didapatkan nilai kebutuhan listrik untuk satu kali *trip* sebagai berikut.

Tabel IV.21 Kebutuhan Daya Listrik Per *Trip*

No	Kebutuhan	Nilai	Satuan
1	Daya Per <i>Genset</i>	90	kW
	Jumlah <i>Genset</i>	2	unit
	Total Daya <i>Genset</i>	180	kW
2	Listrik	25% <i>Genset</i>	
		45	kW
3	Daya Per <i>Trip</i> (0.5 jam)	22.5	kWh

Setelah diketahui nilai kebutuhan listrik per *trip* sebesar 22.5 kWh, maka selanjutnya dilakukan pemilihan baterai dengan spesifikasi pada Tabel IV.22 berikut.

Tabel IV.22 Spesifikasi Baterai *Solar Panel Cell*

BATERAI SOLAR PANEL		
Tipe	Green power	
Kapasitas	29	kWh
Tegangan	144	volt
Arus	200	Ah
Berat	0.34	ton
Jumlah	2	unit

Sumber: www.aquawatt.at

Tabel IV.22 menunjukkan spesifikasi baterai yang akan digunakan KMP TWINS. Dengan menggunakan 2 buah baterai dengan kapasitas masing-masing 29 kWh per baterai, maka baterai mampu menyimpan daya listrik dengan kapasitas total sebesar 58 kWh.

Tabel IV.23 Kapasitas Baterai

No	Kebutuhan	Nilai	Satuan
1	Kapasitas Per Baterai	29	kWh
2	Jumlah Baterai	2	unit
3	Total Kapasitas Baterai	58	kWh

Setelah pemilihan baterai, langkah selanjutnya yaitu pemilihan panel surya serta perhitungan daya yang dihasilkan oleh panel surya tersebut.

IV.6.5. Kebutuhan Solar Panel Cell

Dari spesifikasi baterai yang telah dipilih, diketahui bahwa baterai membutuhkan tegangan sebesar 288 volt dan kapasitas listrik sebesar 400 Ah. Dari spesifikasi inilah, maka harus dicari *solar panel* sesuai dengan spesifikasi tersebut. Pemilihan *solar panel* bisa dicari pada katalog *solar panel* yang tersedia di *website* Alibaba. Untuk pemilihan *solar panel* pada katalog bisa dilihat pada Gambar IV.11 berikut.

REC Solar TwinPeak2 and TwinPeak-72 Series PV Modules		
Technical Data	120-cell TP 2 Series	144-cell TP-72 series
Cells (qty/size)	120 / 156 x 78 mm	144 / 156 x 78 mm
Power output tolerance	-0/+5 W	-0/+5 W
Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	112.3 +/-3.6 °F [44.6 °C (±2 °C)]	112.3 +/-3.6 °F [44.6 °C (±2 °C)]
Voltage temperature coefficient	-0.56%/°F [-0.31%/°C]	-0.56%/°F [-0.31%/°C]
Fire rating/type	Class C / Type 2	Class C / Type 2
Connector type	MC4	MC4
Cable length	35 in (pos) / 47 in (neg)	47 in [1.2 m]
Static load rating	75 psf [3600 Pa]	75 psf [3600 Pa]
Quantity per pallet	25	21
Quantity per 53' trailer	700	462
Max. system voltage	1,000 VDC	1,000 VDC
Series fuse rating	20 A	20 A
Dimensions (L x W x D)	65.94 x 39.25 x 1.5 in [1675 x 997 x 38 mm]	78.9 x 39.4 x 18 in [1969 x 1001 x 45 mm]
Weight	39.5 lbs [18 kg]	61.7 lbs [28 kg]
Module	REC285TP2	REC335PE72
Peak power	285 W	335 W
Voltage at peak power	31.9 VDC	38.3 VDC
Current at peak power	8.95 A	8.75 A
Open circuit voltage	38.6 VDC	46.2 VDC
Short circuit current	9.49 A	9.27 A
Module area efficiency	17.1%	16.9%
Item code	011-02604	011-02602

Gambar IV.11 Pemilihan Solar Panel Cell

Sumber: www.alibaba.com

Berdasarkan Gambar IV.11, maka dipilihlah *solar panel cell* tipe REC335PE7 berdasarkan jumlah kebutuhan arus dan tegangan di kapal. Untuk spesifikasi *solar panel cell* tipe REC335PE72 bisa dilihat pada Tabel IV.24

Tabel IV.24 Spesifikasi *Solar Panel Cell*

PEMILIHAN SOLAR PANEL		
Tipe	REC335PE72	
Daya	335	W
Tegangan	38.3	volt
Arus	8.75	Ah
Berat	28	kg
Panjang	1.969	m
Lebar	1.001	m
Luas	1.970969	m ²



Dari spesifikasi *solar panel cell* tipe REC335PE72, kemudian dihitung untuk mencari jumlah *solar panel cell* yang akan digunakan dengan cara sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan arus} &= \text{jumlah arus untuk suplai baterai} \\
 &= 400 \quad \text{Ah} \\
 &= 400.00 : 8.75 \\
 &= 45.714 \\
 &= 46 \quad \text{panel dirangkai paralel} \\
 \text{Kebutuhan tegangan} &= \text{jumlah tegangan untuk suplai baterai} \\
 &= 288 : 38.3 \\
 &= 7.5 \\
 &= 8 \quad \text{panel dirangkai seri} \\
 \text{Jumlah solar panel} &= 54
 \end{aligned}$$

Karena luas atap yang tersedia > kebutuhan luas atap, maka luas atap **memenuhi**

Kebutuhan luas atap	106.43	m ²
Luas atap	189.82	m ²

Tabel IV.25 Perhitungan Daya Listrik yang Dihasilkan Panel Surya

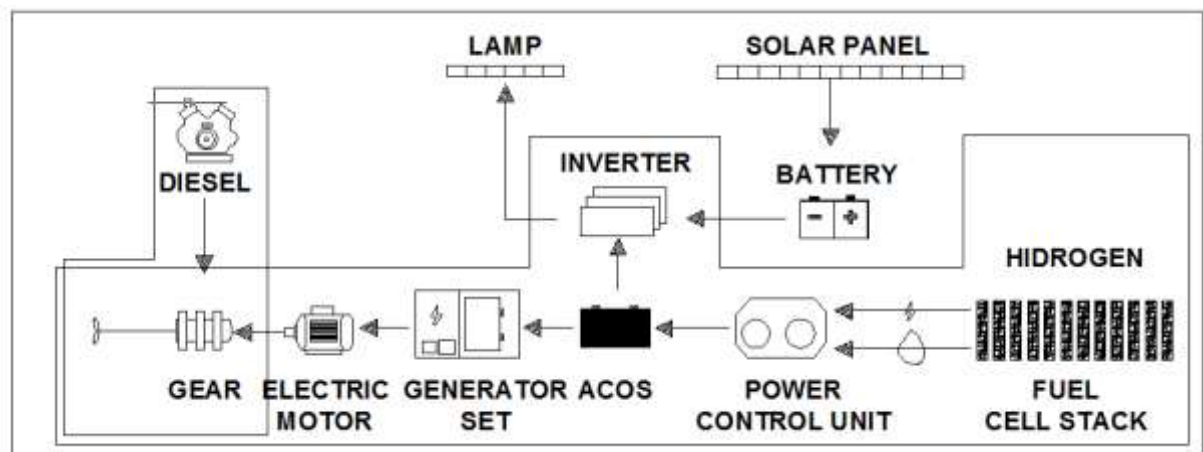
No	Panel Surya	Nilai	Satuan
1	Daya Per Panel	335	W
2	Jumlah Panel	54	unit
3	Total Daya yang dihasilkan	18090	W
		18.09	kW

Berdasarkan Tabel IV.25 diketahui setiap satu unit panel surya dapat menghasilkan daya listrik sebesar 335 W. Sehingga total daya listrik yang dihasilkan untuk 54 panel surya adalah 18.09 kW. Dengan waktu pengecasan baterai selama 3 jam, maka kapasitas listrik yang disimpan pada kedua baterai yaitu:

No	Pengecasan Baterai	Nilai	Satuan
1	Durasi	3	jam
2	Daya	18.09	kW
3	Total Daya Per Pengecasan	54.27	kWh

The diagram illustrates a solar panel array layout on a roof. The array is composed of 54 solar panels, arranged in a 3x18 grid. The panels are labeled 'Solar Panel 1' through 'Solar Panel 54'. The layout is shown within a rectangular frame with a 10-foot scale bar at the bottom. The scale bar is marked from 10 to 60 feet in increments of 5 feet.

Total luas atap yang dipakai untuk penempatan *solar cell* adalah 106.43 m², dengan luas atap kapal total sebesar 189.82 m².


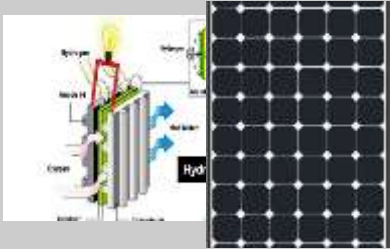



56

untuk mengubah listrik DC menjadi arus AC. Arus AC inilah yang akan digunakan untuk memenuhi kebutuhan listrik di kapal berupa lampu dan pompa.

IV.7. Skenario Sistem Penggerak Kapal

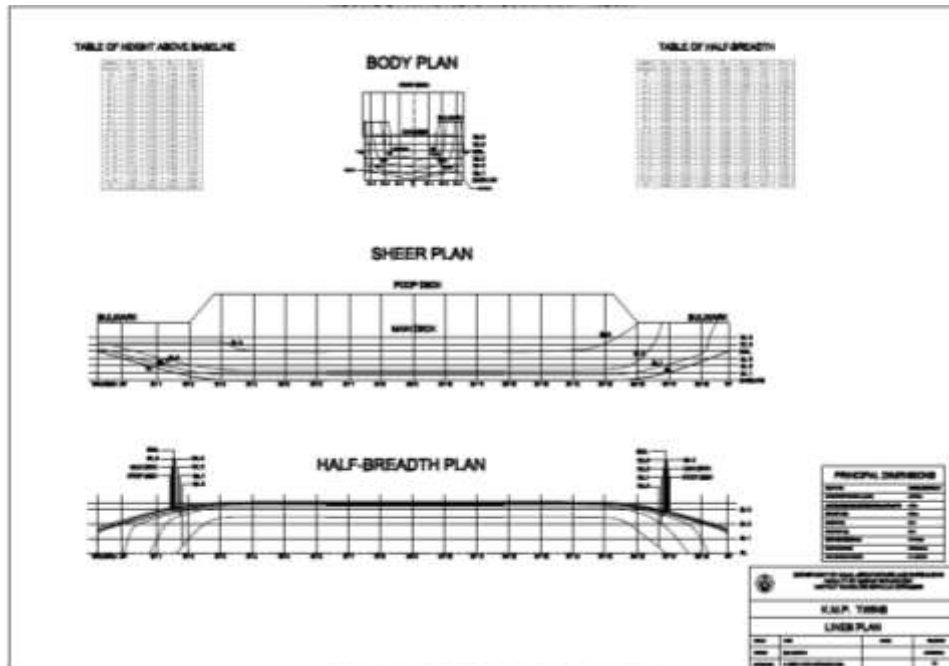
Tabel IV.27 Pembagian Penggunaan Sistem Hibrida

Mesin Diesel	Hidrogen & Solar Panel	Mesin Diesel
		
Sumber: MarineDieselEngineProductGuide.pdf	Sumber: www.kajianpustaka.com	Sumber: MarineDieselEngineProductGuide.pdf
Sebagai tenaga penggerak utama kapal serta penyedia kebutuhan listrik di kapal saat pagi dan malam hari.	Dioperasikan sebanyak 5 kali <i>trip</i> perhari pada siang hingga sore hari. <i>Hidrogen fuel cell</i> sebagai bahan bakar untuk penggerak kapal. <i>Solar panel cell</i> untuk kebutuhan listrik.	Dioperasikan sebanyak 2 kali <i>trip</i> pada pagi hari, dan 3 kali <i>trip</i> pada malam hari
05.00 – 07.30 WIB	08.00 – 15.00 WIB	15.30 – 20.00 WIB

IV.8. Pembuatan *Lines Plan*

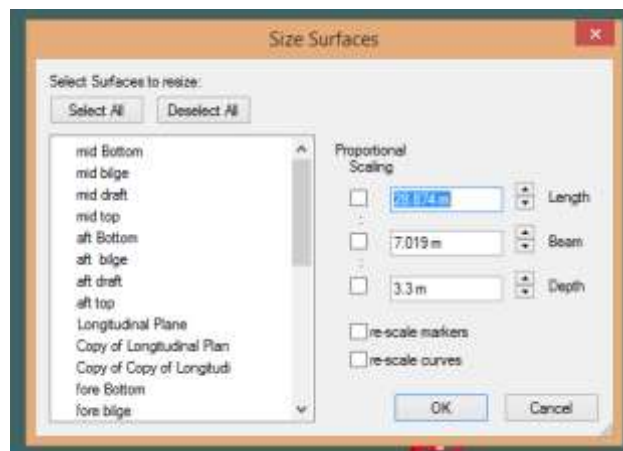
Dalam proses desain KMP TWINS ini, pembuatan rencana garis dengan mnnggunakan *software Maxsurf Modeler* dan menggunakan bantuan *sample design* yang sudah tersedia. *Sample design* tersebut diatur sedemikian rupa sehingga memiliki karakteristik yang sama dengan hasil tertentu (memiliki ukuran utama, *displacement*, CB, C_P, dan LCB yang sama).

Untuk melihat *smooth* atau tidaknya permukaan desain, di dalam *Maxsurf Modeler* telah disediakan pandangan dari beberapa sudut, yaitu tampak depan/belakang, tampak samping, tampak atas dan pandangan perspektif. Garis-garis dari berbagai sudut pandang itulah yang nantinya akan dijadikan sebagai rencana garis. Gambar IV.14 merupakan gambar dari model yang telah dibuat.



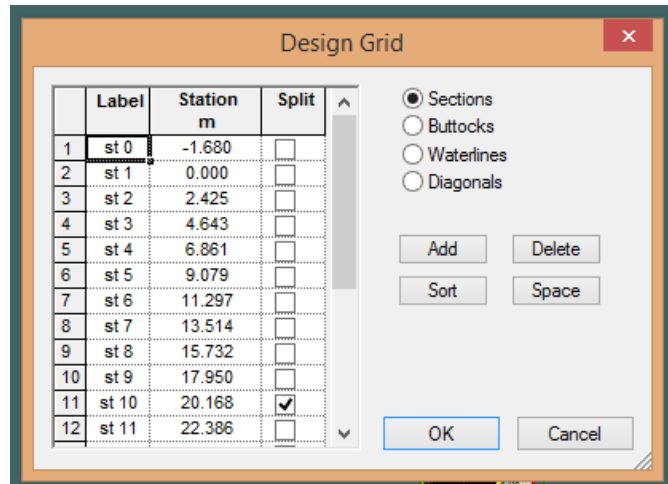
Gambar IV.14 *Lines Plan* KMP TWINS

Setelah *sample design* dibuka, langkah selanjutnya adalah menentukan panjang, lebar, dan tinggi dari model yang dibuat. Caranya yaitu dengan mengubah ukuran *surface* pada menu *surface > size surface* kemudian akan muncul kotak dialog seperti pada Gambar IV.15



Gambar IV.15 *Size Surfaces*

Untuk panjang diisi dengan *Loa* kapal, agar *Lpp* dapat sesuai dengan perhitungan. lebar dan tinggi disamakan dengan hasil perhitungan. Sedangkan untuk mengatur jumlah dan letak dari station, *Buttock line* dan *Water line*, dengan mengakses menu *data > design grid* dan akan muncul kotak dialog seperti pada Gambar IV.16 berikut.



Gambar IV.16 Pengaturan Jumlah Station

Setelah ukuran sesuai kemudian ditentukan sarat dari model ini. Untuk memasukkan nilai sarat kapal dilakukan dengan mengakses *menu data > frame of reference*. Pada gambar tampak panjang Lwl kapal.

	Measurement	Value	Units
1	Displacement	384.6	t
2	Volume (displaced)	375.182	m³
3	Draft Amidships	2.002	m
4	Immersed depth	2.000	m
5	WL Length	43.680	m
6	Beam max extents on WL	6.900	m
7	Wetted Area	369.667	m²
8	Max sect. area	10.972	m²
9	Waterpl. Area	264.945	m²
10	Prismatic coeff. (Cp)	0.783	
11	Block coeff. (Cb)	0.622	
12	Max Sect. area coeff. (Cm)	0.795	
13	Waterpl. area coeff. (Cwp)	0.879	
14	LCB length	20.016	from z
15	LCF length	19.999	from z
16	LCB %	45.825	from z
17	LCF %	45.785	from z
18	KB	1.208	m
19	KG fluid	0.000	m
20	BMT	2.469	m
21	BML	96.994	m
22	GMt corrected	3.678	m
23	GML	98.202	m
24	KMT	3.678	m
25	KML	98.202	m
26	Immersion (TPc)	2.716	tonne/c
27	MTc	8.992	tonne.
28	RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1	24.683	tonne.

Density (water) 1.025 tonne/m³

Gambar IV.17 Calculate Hydrostatics pada Maxsurf

Setelah sarat kapal ditentukan selanjutnya dilakukan pengecekan nilai hidrostatik dari model yang dibuat, yaitu dengan mengakses *menu data > calculate hydrostatic*. Dari sini akan

tampak data-data hidrostatik model. Jika data belum sesuai dengan perhitungan maka perlu dilakukan perubahan terhadap model. Namun ketika data hidrostatik telah sesuai maka model ini dapat langsung diexport ke format *dxf* untuk di perbaiki dengan software *CAD*.

Untuk menyimpan rencana garis dari model yang telah dibuat, buka salah satu pandangan dari model, kemudian klik *file > export > DXF and IGES*, atur skala 1:1, kemudian klik *ok* dan *save file* baru tersebut. Cara ini berlaku untuk semua pandangan dari model.

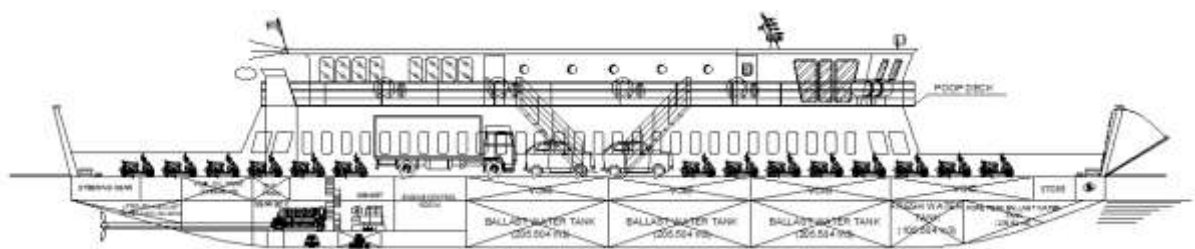
Setelah didapatkan *body plan*, *sheer plan* dan *halfbreadth plan*, langkah selanjutnya adalah menggabungkan ketiganya dalam satu *file dwg* yang merupakan output dari *software CAD*. Dalam proses penggabungan juga dilakukan sedikit *editing* pada rencana garis yang telah didapat.

IV.9. Pembuatan *General Arrangement*

Dari gambar *Lines Plan* yang sudah di buat, maka dapat dibuat pula gambar *General Arrangement* dari Kapal Motor Penyeberangan. *General Arrangement* didefinisikan sebagai perencanaan ruangan yang dibutuhkan sesuai dengan fungsi dan perlengkapan kapal. Pembuatan *General Arrangement* dilakukan dengan bantuan *software AutoCAD 2007*.

IV.9.1. *Side Elevation*

Pada permodelan rencana umum Kapal Motor Penyeberangan ini dilakukan pemroyeksian *layout* kapal tampak samping. Jarak gading pada kapal ini adalah 0,6 m. Detail permodelan rencana umum KMP TWINS tampak samping dapat dilihat pada Gambar IV.18 berikut.

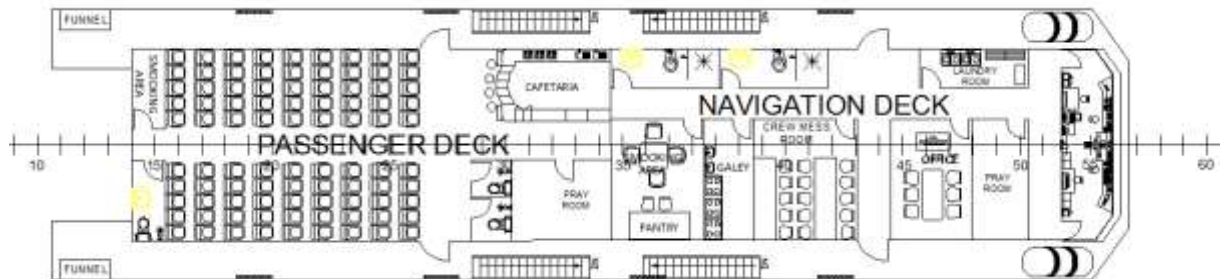


Gambar IV.18 *Side Elevation* KMP TWINS

Pada proyeksi kapal tampak samping dapat dilihat bahwa kapal tidak memiliki *double bottom*. Kapal Motor Penyeberangan hanya memiliki 1 buah *deck house* yaitu *poop deck* yang dibagi menjadi *passenger deck* (bagian belakang) dan *navigation deck* (bagian depan). KMP TWINS mempunyai *ramp door* pada bagian depan dan belakang kapal untuk proses bongkar muatnya.

IV.9.2. Rumah Geladak (*Deck House*)

Layout rumah geladak pada rencana umum diproyeksikan tampak atas. Pada bagian ini permodelan *layout* dilakukan pada setiap *layer* geladak. Geladak tersebut hanya ada *poop deck* yang berfungsi sebagai *passenger deck* dan *navigation deck* seperti pada Gambar IV.19 berikut.

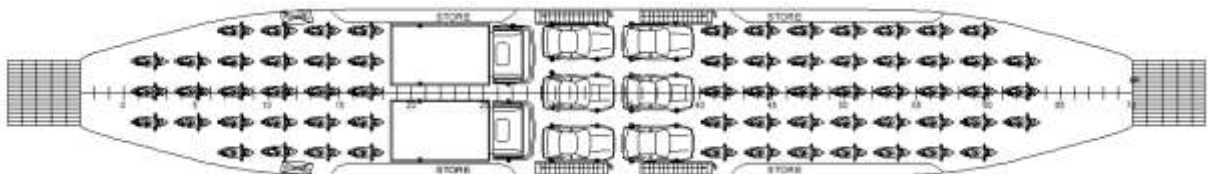


Gambar IV.19 *Deck House* KMP TWINS

Poop deck difungsikan sebagai geladak penumpang dan navigasi yang terdiri dari kursi penumpang, musolla, ruang kemudi, *mess room*, *office*, *bar*, serta toilet. Pembuatan sket dilakukan dengan mempertimbangkan aspek kenyamanan penumpang. Peletakan kursi harus diatur sedemikian rupa sesuai dengan aturan Surat Dirjen Perhubungan Darat No. AP.005/3/13/DPRD/1994 sehingga masih tetap memberikan ruang gerak yang luas untuk penumpang.

IV.9.3. Geladak Utama (*Main Deck*)

Layout geladak utama (*main deck*) pada rencana umum KMP TWINS ini diproyeksikan pada pandangan atas seperti pada Gambar IV.20. Pada geladak utama kapal ini digunakan sebagai geladak kendaraan. Ada pun kendaraan yang diangkut adalah motor, mobil dan truk.

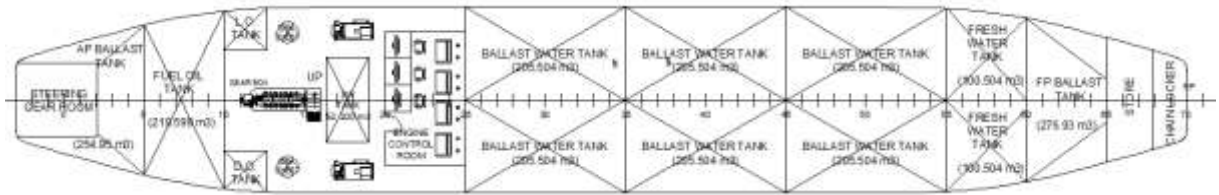


Gambar IV.20 *Main Deck* KMP TWINS

Selain sebagai tempat kendaraan, pada *main deck* juga terdapat gudang serta tangga untuk naik ke *poop deck*.

IV.9.4. *Below Main Deck*

Layout below main deck pada rencana umum KMP TWINS diproyeksikan pada pandangan atas seperti pada Gambar IV.21.



Gambar IV.21 *Below Main Deck* KMP TWINS

Below main deck difungsikan sebagai tangki *ballast* dan kamar mesin. Terdapat 3 tangki pada *starboard* dan 3 tangki pada *port side*. Selain itu terdapat tangki air tawar, tangki bahan bakar, *lubricating oil tank*, *diesel oil tank*, *sewage tank*, serta tangki *ballast* pada AP dan FP. Pada bagian belakang *layout*, digambarkan juga *layout* kamar mesin dimana terdapat 2 *generator set* dan 1 *main engine*. Gambar *General Arrangement* Kapal Motor Penyeberangan ini secara lengkap dapat dilihat pada bagian Lampiran C.

IV.10. Pembuatan *Safety Plan*

Kapal Motor Penyeberangan harus memiliki standar minimum sebagai kapal pengangkut penumpang, maka harus dilakukan perencanaan keselamatan dengan memperhitungkan jumlah penumpang dan ruang akomodasi penumpang.

IV.10.1. *Life Saving Appliances*

1. *Lifebuoy*

Ketentuan jumlah *lifebuoy* untuk kapal penumpang menurut SOLAS Reg. III/22-1 dapat dilihat pada Tabel IV.28.

Tabel IV.28 Ketentuan Jumlah *Lifebuoy*

Panjang Kapal (m)	Jumlah <i>Lifebuoy</i> Minimum
Di bawah 60	8
Antara 60 sampai 120	12
Antara 120 sampai 180	18
Antara 180 sampai 240	24
Lebih dari 240	30

Panjang (L_{pp}) kapal KMP TWINS adalah 42 meter, sehingga jumlah minimum *lifebuoy* yang harus tersedia adalah 8. Spesifikasi *lifebuoy* berdasarkan LSA Code II/2-1 adalah sebagai berikut:

- Memiliki diameter luar tidak lebih dari 800 mm dan diameter dalam tidak kurang dari 400 mm.

- b. Mampu menahan beban tidak kurang dari 14.5 kg dari besi di air selama 24 jam.
- c. Mempunyai massa tidak kurang dari 2.5 kg
- d. Tidak mudah terbakar atau meleleh meskipun terbakar selama 2 detik.

Sedangkan ketentuan untuk jumlah dan peletakan *lifebuoy* menurut SOLAS Reg. III/7-1 adalah:

- a. Didistribusikan di kedua sisi kapal dan di geladak terbuka dengan lebar sampai sisi kapal. Pada sisi belakang kapal (buritan kapal) harus diletakkan 1 buah *lifebuoy*.
- b. Setidaknya satu pelampung diletakkan di setiap sisi kapal dan dilengkapi dengan tali penyelamat.
- c. Tidak kurang dari 1.5 dari jumlah total *lifebuoy* harus dilengkapi dengan pelampung dengan lampu menyala (*lifebuoy self-igniting lights*). Sedangkan untuk kapal penumpang setidaknya 6 *lifebuoy* harus dilengkapi *lifebuoy self-igniting lights*.
- d. Tidak kurang dari 2 dari jumlah total *lifebuoy* harus dilengkapi dengan *lifebuoy self-activating smoke signal* dan harus mudah diakses dari *Navigation bridge*.

Berdasarkan ketentuan-ketentuan tersebut maka perencanaan jumlah dan peletakan *lifebuoy* pada kapal KMP TWINS dapat dilihat pada Tabel IV.29.

Tabel IV.29 Perencanaan Jumlah dan Peletakan *Lifebuoy*

Jenis <i>Lifebuoy</i>	Jumlah	
	<i>Main Deck</i>	<i>Poop Deck</i>
<i>Lifebuoy</i>	2	-
<i>Lifebuoy with line</i>	-	2
<i>Lifebuoy with self-igniting lights</i>	2	4
<i>Lifebuoy with smoke signal</i>	-	2

2. *Lifejacket*

Kriteria ukuran *lifejacket* menurut LSA code II/2.2 dapat dilihat pada Tabel IV.30.

Tabel IV.30 Kriteria Ukuran *Lifejacket*

Ukuran <i>Lifejacket</i>	Balita	Anak-anak	Dewasa
Berat (kg)	< 15	15 - 43	> 43
Tinggi (cm)	< 100	100 - 155	> 155

Sedangkan ketentuan jumlah dan penempatan *lifejacket* pada kapal penumpang berdasarkan SOLAS Reg. III/7-2 adalah sebagai berikut:

- a. Sebuah *lifejacket* harus tersedia untuk setiap orang di atas kapal, dan dengan ketentuan:
- Untuk kapal penumpang dengan pelayaran kurang dari 24 jam, jumlah *lifejacket* untuk bayi setidaknya sama dengan 2.5% dari jumlah penumpang.
 - Untuk kapal penumpang dengan pelayaran lebih dari 24 jam, jumlah *lifejacket* untuk bayi harus disediakan untuk setiap bayi di dalam kapal.
 - Jumlah *lifejacket* untuk anak-anak sedikitnya sama dengan 10 % dari jumlah penumpang atau boleh lebih banyak sesuai permintaan ketersediaan *lifejacket* untuk setiap anak.
 - Jumlah *lifejacket* yang cukup harus tersedia untuk orang-orang pada saat akan menuju *survival craft*. *Lifejacket* tersedia untuk orang-orang yang berada di *poop deck*, ruang kontrol mesin, dan tempat awak kawal lainnya.
 - Jika *lifejacket* yang tersedia untuk orang dewasa tidak didesain untuk berat orang lebih dari 140 kg dan lingkar dada mencapai 1.750 mm, jumlah *lifejacket* yang cukup harus tersedia di kapal untuk setiap orang tersebut.
- b. *Lifejacket* harus ditempatkan pada tempat yang mudah diakses dan dengan penunjuk posisi yang jelas.
- c. *Lifejacket* yang digunakan di *totally enclosed lifeboat*, kecuali *free fall lifeboats*, tidak boleh menghalangi akses masuk ke dalam *lifeboat* atau tempat duduk, termasuk pada saat pemasangan sabuk pengaman.

Ketentuan perencanaan peletakan *lifejacket* berdasarkan SOLAS Reg. III/22 adalah sebagai berikut:

- a. *Lifejacket* harus diletakkan di tempat yang mudah dilihat, di geladak atau di *muster stasion*.
- b. *Lifejacket* penumpang diletakkan di ruangan yang terletak langsung diantara area umum dan *muster stasion*. Untuk kapal pelayaran lebih dari 24 jam, *lifejacket* harus diletakkan di area umum, *muster stasion*, atau diantaranya.
- c. *Lifejacket* yang digunakan pada kapal penumpang harus tipe *lifejacket lights*

Berdasarkan ketentuan-ketentuan tersebut maka perencanaan peletakan *lifejacket* dapat dilihat pada Tabel IV.31.

Tabel IV.31 Perencanaan Jumlah dan Peletakan *Lifejacket*

Jenis <i>Lifejacket</i>	Jumlah	
	<i>Main Deck</i>	<i>Below Main Deck</i>
<i>Lifejacket lights</i>	81	15
<i>Childs Lifejacket</i>	9	-

3. *Liferaft*

Liferaft yang digunakan adalah tipe *inflatable liferaft*. Ketentuan peletakan *inflatable liferaft* pada kapal penumpang menurut SOLAS Reg. III/21-1.4 sebagai berikut:

- Inflatable liferaft* harus diletakkan disetiap sisi kapal dengan kapasitas mampu mengakomodasi seluruh orang di kapal.
- Kecuali kalau diletakkan di setiap sisi geladak tunggal terbuka yang mudah dipindahkan, maka *liferaft* yang tersedia pada setiap sisi kapal memiliki kapasitas 150% jumlah penumpang.

Dengan memperhitungkan kapasitas penumpang sebanyak 90 orang, 45 orang disetiap sisi kapal, maka diperlukan 4 *inflatable liferaft* dengan kapasitas per unit 25 orang. Berdasarkan ketentuan SOLAS Reg. III/21-1.43, *liferaft* dipasang disetiap sisi kapal. Perencanaan letak *inflatable liferaft* adalah pada geladak di atas *passenger deck*.

4. *Line Throwing Appliances*

Ketentuan ukuran dan peletakan *line throwing appliances* menurut LSA code VII/7.1 adalah sebagai berikut:

- Mampu melontarkan tali dengan tepat.
- Di dalamnya terdapat minimal 4 proyektil yang masing-masing dapat membawa tali setidaknya 230 meter pada kondisi cuaca yang baik dengan *breaking strength* minimal 2 kN.
- Terdapat instruksi yang jelas di bagian luarnya untuk menjelaskan penggunaan dari *line throwing appliances*.

Berdasarkan ketentuan tersebut maka akan dipasang 2 (dua) *line throwing appliances* pada setiap sisi kapal pada *main deck*.

5. *Muster / Assembly Stasion*

Muster stasion merupakan area untuk berkumpul disaat terjadi bahaya. Rencananya *muster stasion* akan diletakkan di *main deck* dan *poop deck*. Ketentuan letak *muster stasion* berdasarkan MSC/Circular.699/II-2 adalah sebagai berikut:

- a. *Muster Station* harus diidentifikasi dengan *muster station symbol*.
- b. Simbol *Muster station* harus diberi ukuran secukupnya dan diletakkan di *muster station* serta dipastikan mudah terlihat.

6. *Escape Routes*

Simbol *escape route* dipasang di setiap lorong kapal, tangga-tangga, dan didesain untuk mengarahkan penumpang kapal menuju *muster station*. Ketentuan peletakan simbol *escape route* berdasarkan MSC/Circular.699/II-2 adalah sebagai berikut:

- a. Simbol arah ke *muster station* atau simbol *escape way* harus disediakan di semua area penumpang, seperti pada tangga, gang atau lorong menuju *muster station*, di tempat-tempat umum yang tidak digunakan sebagai *muster station*, di setiap pintu masuk ruangan dan area yang menghubungkan tempat umum dan disekitar pintu-pintu pada *deck* terluar yang memberikan akses menuju *muster station*.
- b. Sangat penting bahwa rute menuju ke *muster station* harus ditandai dengan jelas dan tidak diperbolehkan untuk digunakan sebagai tempat meninggalkan barang-barang.
- c. Tanda arah *embarkation station* dari *muster station* ke *embarkation station* harus disediakan.

7. *Visual signal*

Visual signal merupakan alat yang digunakan untuk komunikasi darurat ketika dalam keadaan bahaya. Jenis *visual signal* yang rencananya digunakan adalah *rocket parachutes flare* yang dipasang di *navigation deck*, dan *liferaft*.

8. *Radio and Navigation*

a. *Search And Rescue Radar (SART)*

Pada kapal ini rencananya akan dipasang 2 SART di setiap sisi *navigation deck*. Berdasarkan ketentuan SOLAS Reg. III/6, SART harus dibawa saat naik di *lifeboat* atau *liferaft* ketika dilakukan evakuasi agar radar tetap bisa ditangkap.

b. *Emergency Position Indicating Radio Beacon (EPIRB)*

Pada kapal ini rencananya akan dipasang 1 EPIRB pada *navigation deck* dan diletakkan diluar. Frekuensi EPIRB yang digunakan menurut SOLAS Reg. IV/8 adalah 406 Mhz, dan tertera juga tanggal akhir masa berlaku atau tanggal terakhir sensor apung.

c. *Radio Telephone Apparatus*

Berdasarkan ketentuan SOLAS Reg. III/6, Terdapat paling sedikit tiga set *radio telephone* yang memenuhi standart dan diletakkan di *navigation deck* (2 buah) dan 1 di *engine room*.

IV.10.2. Fire Control Equipment

Berdasarkan SOLAS Reg. II/10, pemadam kebakaran diletakkan di tempat-tempat yang terlihat, mudah dijangkau dengan cepat dan mudah kapanpun atau saat dibutuhkan. Sedangkan menurut MSC 911 /7, lokasi alat pemadam kebakaran portabel berdasarkan kesesuaian kebutuhan dan kapasitas. Alat pemadam kebakaran untuk kategori ruang khusus harus cocok untuk kebakaran kelas A dan B. Peralatan pemadam kebakaran yang dipasang pada kapal ini antara lain sebagai berikut:

1. *Fire hose reel with spray jet nozzle & hydrant*

Untuk kapal yang mengangkut lebih dari 36 penumpang *fire hoses* harus terhubung ke *hydrant*. Menurut SOLAS Reg. II/10-2, Panjang *fire hoses* minimal adalah 10 m, tetapi tidak lebih dari 15 m di kamar mesin, 20 m di geladak terbuka, dan 25 m di geladak terbuka untuk kapal dengan lebar mencapai 30 m.

2. *Fixed CO₂ fire system*

Menurut SOLAS Reg. II/10-5, *fixed CO₂ fire system* digunakan untuk sistem pemadam kebakaran di kamar mesin atau untuk kebakaran kategori A, dimana terdapat kandungan minyak atau bahan bakar. *Fixed CO₂ fire system* diletakkan di sebuah ruangan di geladak utama.

3. *Sprinkler*

Menurut ketentuan SOLAS Reg. II/10-6, untuk kapal penumpang yang mengangkut lebih dari 36 penumpang harus dilengkapi dengan sistem *sprinkler* otomatis untuk area yang memiliki resiko kebakaran besar, misalnya seperti di *passenger deck*.

4. *Portable co₂ fire extinguisher*

Digunakan untuk memadamkan kebakaran di area yang terdapat banyak sistem kelistrikan atau mengandung minyak dan bahan bakar lainnya.

5. *Portable foam extinguisher*

Digunakan untuk memadamkan kebakaran di kamar mesin.

6. *Portable dry powder extinguisher*

Digunakan untuk memadamkan kebakaran tipe A,B, dan C, sehingga diletakkan di area umum seperti geladak penumpang dan geladak akomodasi lainnya.

Sedangkan alat pendeteksi kebakaran yang harus dipasang berdasarkan ketentuan HSC Code VII/7 antara lain sebagai berikut:

1. *Bell fire alarm*

Untuk kapal kurang dari 500 GT, *alarm* ini dapat terdiri dari peluit atau sirene yang dapat didengar di seluruh bagian kapal.

2. *Push button for fire alarm*

Push button for general alarm ini digunakan atau ditekan apabila terjadi tanda bahaya yang disebabkan apa saja dan membutuhkan peringatan menyeluruh pada kapal secepat mungkin.

3. *Heat detector*

Heat Detector dipasang pada seluruh tangga, koridor dan jalan keluar pada ruangan akomodasi.

4. *CO₂ alarm*

Berfungsi jika terdapat kontaminasi karbon dioksida berlebih pada satu ruangan / bagian kapal.

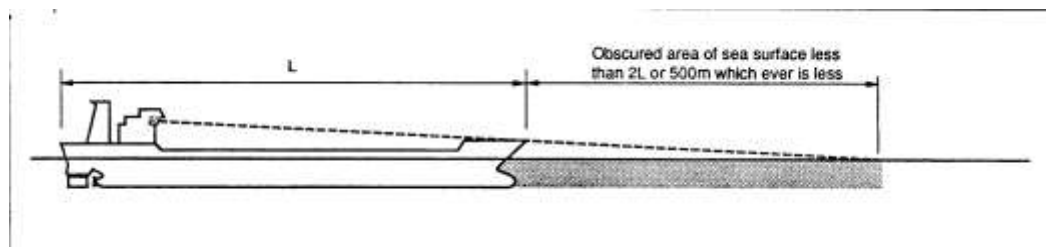
5. *Fire alarm panel*

Control Panel harus diletakkan pada ruangan atau pada *main fire control station*.

IV.11. Pemeriksaan *Navigation Bridge Visibility* dan Sistem *Lashing*

Navigation Bridge Visibility

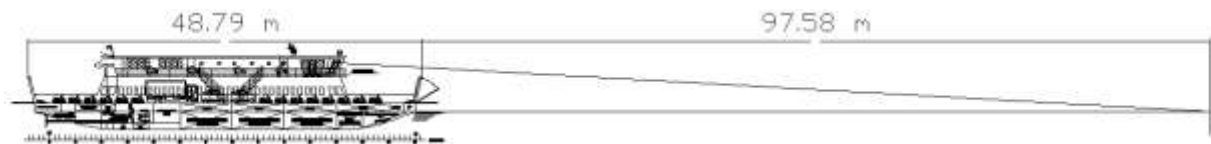
Menurut SOLAS Reg. V/22, kapal dengan panjang keseluruhan (Loa) 45 meter atau lebih yang dibangun pada atau sesudah 1 Juli 1998, pandangan terhadap permukaan laut dari posisi navigasi kapal tidak lebih dari dua kali panjang kapal (Loa), atau 500 meter, diambil yang lebih kecil. Ketentuan ini untuk memastikan keleluasaan pandangan kapal terhadap kapal lain dengan ukuran lebih kecil yang kemungkinan ada di depan kapal, sehingga menghindari terjadinya tabrakan.



Gambar IV.22 Aturan *Navigation Bridge Visibility*

Sumber: Rohmadhana, 2016

Berdasarkan kondisi KMP TWINS dengan panjang (Loa) 48.79 meter maka harus memenuhi ketentuan SOLAS Reg. V/22. KMP TWINS memiliki *ramp door* dibagian depan, maka perlu dilakukan pemeriksaan apakah kondisi kapal memenuhi ketentuan tersebut.



Gambar IV.23 Pandangan dari Posisi Navigasi ke Arah Depan pada KMP TWINS

Pada Gambar IV.23 dapat dilihat bahwa pandangan dari posisi navigasi ke depan pada KMP TWINS tidak terhalang oleh adanya *ramp door* di bagian depan kapal. Dari kondisi tersebut dapat dipastikan bahwa pandangan dari posisi navigasi kedepan telah memenuhi ketentuan SOLAS Reg. V/22.

Sistem *Lashing*

Mengacu dari peraturan Menteri Perhubungan nomor 115 tahun 2016 tentang pengikatan kendaraan di atas kapal bahwa untuk setiap kendaraan dengan kategori bobot yang telah disebutkan pada sub bab II.2.6 harus diikat selama kapal berlayar. Ada pun jumlah pengikatan disesuaikan dengan bobot setiap kendaraan. Untuk sistem pengikatan di KMP TWINS ini bisa dilihat pada Tabel IV.32 berikut.

Tabel IV.32 Jumlah Pengikat pada Kendaraan

No	Jenis Kendaraan	Jumlah Pengikat
1	Motor	1
2	Mobil	4
3	Truk	4

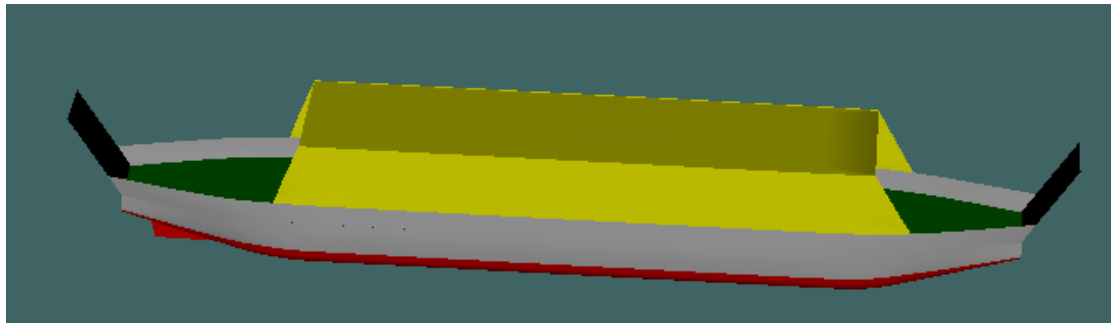
IV.12. Pemodelan 3 Dimensi

Setelah dilakukan pemodelan rencana umum, selanjutnya pemodelan 3D dapat dilakukan dengan pemroyeksian sesuai dengan rencana umum. Pengerjaan permodelan 3D dibantu dengan dua *software* yaitu *Maxsurf* dan *Sketchup* 2016.

Pada tahap awal pemodelan lambung menggunakan *software Maxsurf Modeler* dan menggunakan bantuan *sample design* yang sudah tersedia. *Sample design* tersebut diatur sedemikian rupa sehingga memiliki karakteristik yang sama dengan hasil tertentu (memiliki ukuran utama, *displacement*, CB, C_P , dan LCB yang sama). Setelah *sample design* dibuka, langkah selanjutnya adalah menentukan panjang, lebar, dan tinggi dari model yang dibuat. Caranya yaitu dengan mengubah ukuran *surface* pada menu *surface > size surface* kemudian akan muncul kotak dialog seperti pada Gambar IV.15 pada sub bab sebelumnya.

Pada proses pengerjaan pemodelan 3D pada lambung dengan menggunakan *Maxsurf Modeler* ini didapatkan bentuk model *hull*, *main deck*, dan *ramp door*. Kemudian untuk

menampilkan bentuk *hull* secara pejal dengan menggunakan menu *rendering* pada *toolbar* yang tersedia sehingga didapatkan bentuk seperti pada Gambar IV.24 berikut.



Gambar IV.24 Pemodelan 3D pada *Software Maxsurf*

Proses pengerjaan selanjutnya adalah pemodelan bangunan atas dan beberapa detail pada bagian *main deck*. Proses ini dikerjakan dengan dibantu *software Sketchup 2016*. Pengerjaan ini dilakukan dengan mengekspor gambar yang telah dibuat pada *software Maxsurf*. Langkah pertama yang dilakukan adalah menyimpan gambar pada *software Maxsurf* menjadi bentuk 3D DXF kemudian meng-*import* permodelan 3D lambung yang telah dibuat sebelumnya pada *software Maxsurf* ke *software Sketchup* seperti yang ditunjukkan pada Gambar IV.25.



Gambar IV.25 Geladak Penumpang



Gambar IV.26 Geladak Kendaraan



Gambar IV.27 KMP TWINS Tampak Samping

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB V ANALISIS EKONOMIS

V.1. Perhitungan Estimasi Biaya Pembangunan Kapal

Untuk membangun sebuah kapal diperlukan banyak plat yang digunakan untuk memenuhi akomodasi, lambung, dan konstruksi kapal. Kuantitas berat total plat inilah yang menentukan besarnya biaya kapal. Selain itu faktor yang mempengaruhi besarnya harga kapal adalah permesinan yang digunakan, perlengkapan dan peralatan. Sehingga dari perhitungan yang telah dibuat dapat ditunjukkan pada Tabel V.1 berikut.

Tabel V.1 Perhitungan Baja Kapal & *Non-weight Cost*

Building Cost			
No	Item	Value	Unit
1	Lambung Kapal (hull)		
	<i>(tebal pelat lambung = 19 mm, jenis material = baja)</i>		
	<i>Sumber: PT. Nikon Steel, per 22 Januari 2017</i>		
	Harga	777.84	USD/ton
	Berat hull	87	ton
	Harga Lambung Kapal (hull)	67789.32	USD
2	Geladak Kapal (deck)		
	<i>(tebal pelat geladak = 10 mm, jenis material = baja)</i>		
	<i>Sumber: PT. Nikon Steel, per 22 Januari 2017</i>		
	Harga	561.21	USD/ton
	Berat geladak	22	ton
	Harga Lambung Kapal (deck)	12318.37	USD
3	Bangunan Atas Kapal (deck)		
	<i>(tebal pelat geladak = 8 mm, jenis material = baja)</i>		
	<i>Sumber: PT. Nikon Steel, per 22 Januari 2017</i>		
	Harga	561.21	USD/ton
	Berat geladak	32	ton
	Harga Lambung Kapal (deck)	18157.18	USD
4	Non-Weight Cost		
	<i>Sumber: PT. Nikon Steel, per 22 Januari 2017 konstruksi lambung diambil 12.5% dari Weight Cost (Watson, 1998)</i>		
	Harga	777.84	USD/ton
	Berat non-weight cost	28	ton
	Harga non-weight cost	22075.1	USD
Total Harga Baja Kapal		120340	USD

Sumber: www.alibaba.com

Tabel V.2 Perhitungan Peralatan dan Perlengkapan Kapal

No	Item	Value	Unit
Equipment & Outfitting	1 Railing dan Tiang Penyangga		
	(pipa aluminium $d = 50 \text{ mm}$, $t = 3 \text{ mm}$)		
	Sumber: www.alibaba.com		
	Harga	120.00	USD/m
	Panjang railing dan tiang penyangga	69.00	m
	Harga Railing dan Tiang Penyangga	8,280	USD
	2 Atap Kapal		
	(polycarbonate solid clear, $t = 2 \text{ mm}$)		
	Sumber: www.alibaba.com		
	Harga	650.0	USD/m ²
	Luas atap kapal	189.82	m ²
	Harga Polycarbonate	123,382	USD
	3 Kaca Polycarbonate		
	(kaca polycarbonate, $t = 3 \text{ mm}$)		
	Sumber: www.alibaba.com/product-detail/FLOAT-Glass-TEMPERED.html		
	Harga	250.0	USD/m ²
	Luas atap kapal	189.82	m ²
	Harga Kaca Polycarbonate	47,455	USD
	4 Kursi		
	Sumber: www.alibaba.com		
	Jumlah	125	unit
	Harga per unit	164	USD
	Harga Kursi	20,500	USD
	5 Jangkar (www.alibaba.com)		
	Jumlah	2	unit
	Harga per unit	3,000	USD
	Harga jangkar	6,000	USD
	6 Peralatan Navigasi & Komunikasi (www.alibaba.com)		
	a. Peralatan Navigasi		
	Radar	2,750	USD
	Kompas	55	USD
	GPS	850	USD
	Lampu Navigasi		
	- Masthead Light	9.8	USD
	- Anchor Light	8.9	USD
	- Starboard Light	12	USD
	- Portside Light	12	USD
	Simplified Voyage Data Recorder (S-VDR)	17,500	USD
	Automatic Identification System (AIS)	4,500	USD

	Telescope Binocular	60	USD
	Harga Peralatan Navigasi	25,758	USD
	b. Peralatan Komunikasi		
	Radiotelephone		
	Jumlah	1	Set
	Harga per set	172	USD
	Harga total	172	USD
	Digital Selective Calling (DSC)		
	Jumlah	1	Set
	Harga per set	186	USD
	Harga total	186	USD
	Navigational Telex (Navtex)		
	Jumlah	1	Set
	Harga per set	12,500	USD
	Harga total	12,500	USD
	EPIRB		
	Jumlah	1	Set
	Harga per set	110	USD
	Harga total	110	USD
	SART		
	Jumlah	2	Set
	Harga per set	450	USD
	Harga total	900	USD
	SSAS		
	Jumlah	1	Set
	Harga per set	19,500	USD
	Harga total	19,500	USD
	Portable 2-way VHF Radiotelephone		
	Jumlah	2	Unit
	Harga per unit	87	USD
	Harga total	174	USD
	Harga Peralatan Komunikasi	33,542	USD
7	Lifebuoy (<i>www.alibaba.com</i>)		
	Jumlah	12	Unit
	Harga per unit	20	USD
	Harga total	240	USD
8	Liferaft (@25 orang) (<i>www.alibaba.com</i>)		
	Jumlah	4	Unit
	Harga per unit	5,000	USD
	Harga total	20,000	USD
9	Life Jacket (<i>www.alibaba.com</i>)		

	Jumlah	109	Unit
	Harga per unit	23	USD
	Harga total	2,507	USD
10	Jendela (<i>www.alibaba.com</i>)		
	Jumlah jendela kotak	35	Unit
	Harga per unit	250	USD
	Jumlah <i>side scuttle</i>	10	Unit
	Harga per unit	250	USD
	Harga total	11,250	USD
11	Pintu (<i>www.alibaba.com</i>)		
	Jumlah	4	Unit
	Harga per unit	300	USD
	Pintu ruangan	14	Unit
	Harga per unit	90	USD
	Harga total	2,460	USD
12	Peralatan Lashing Kendaraan (<i>www.alibaba.com</i>)		
	Jumlah	96	Unit
	Harga per unit	8	USD
	Harga total	720	USD
13	Windlass (<i>www.alibaba.com</i>)		
	Jumlah	2	Unit
	Harga per unit	10,500	USD
	Harga total	21,000	USD
14	Tali tambat (<i>www.alibaba.com</i>)		
	Jumlah	2	Unit
	Harga per unit	1.6	USD
	Harga total	3.2	USD
	Total Harga Equipment & Outfitting	323097	USD

Sumber: www.alibaba.com

Tabel V.3 Perhitungan Tenaga Penggerak Kapal

Tenaga Penggerak	No	Item	Value	Unit
	1	Diesel (<i>www.alibaba.com</i>)		
		<i>(satu unit Diesel Yanmar)</i>		
		Jumlah	1	unit
		Harga per unit	132400	USD/unit
		Shipping Cost	500	USD
		Harga Diesel	132900	USD
	2	Komponen Kelistrikan (<i>www.alibaba.com</i>)		
		Power Control Unit	599	USD
		ACOS	412	USD
		AC/DC Inverter	1,160	USD

	Saklar, kabel, dll	100	USD
	Fuel Cell Stack	2400	USD
	Harga Komponen Kelistrikan	4670	USD
3	Genset (<i>www.alibaba.com</i>)		
	(2 unit Genset merk Volvo)		
	Jumlah Genset	2	unit
	Harga per unit	50000	USD/unit
	Shipping Cost	500	USD
	Harga Genset	100500	USD
4	Motor Listrik (<i>www.alibaba.com</i>)		
	Jumlah Motor Listrik	2	unit
	Harga per unit	3750	USD/unit
	Harga Motor Listrik	7500	USD
5	Solar Panel (<i>www.alibaba.com</i>)		
	Jumlah Solar Panel	106	m2
	Harga per unit	25	USD/m2
	Shipping Cost	500	USD
	Harga Solar Panel	3161	USD
6	Battery (<i>www.alibaba.com</i>)		
	Jumlah Battery	2	unit
	Harga per unit	22800	USD
	Shipping Cost	500	USD
	Harga Battery	46100	USD
7	Propeller (<i>www.alibaba.com</i>)		
	Berat Propeller	2	ton
	Harga per ton	4000	USD
	Shipping Cost	500	USD
	Harga Propeller	8500	USD
	Total Harga tenaga penggerak	303331	USD

Sumber: www.alibaba.com

Setelah dirinci semua kebutuhan baja kapal, peralatan dan perlengkapan, serta kebutuhan tenaga penggerak kapal, maka didapatkan total harga seperti pada Tabel V.4 berikut.

Tabel V.4 Perhitungan Biaya Pembangunan Awal

Biaya Pembangunan			
No	Item	Value	Unit
1	Baja Kapal & Non-Weight Cost	120340	USD
2	Equipment & Outfitting	323097	USD
3	Tenaga Penggerak	303331	USD
	Total Harga (USD)	746768	USD
	Kurs Rp - USD (per 16 Juni 2017, BI)	13364	Rp/USD
	Total Harga (Rupiah)	9,979,806,812.06	Rp

Dengan menggunakan nilai tukar rupiah terhadap USD pada tanggal 16 Juni 2017 sebesar Rp 13.364,00 per USD didapatkan biaya pembangunan kapal awal sebesar Rp 9,979,806,812.06. Biaya tersebut kemudian harus dikoreksi dengan keadaan ekonomi dan kebijakan pemerintah seperti pada Tabel V.5 berikut.

Tabel V.5 Koreksi Keadaan Ekonomi dan Kebijakan Pemerintah

	No	Item	Value	Unit
Koreksi Ekonomi	1	Keuntungan Galangan		
		<i>20% dari biaya pembangunan awal</i>		
		Keuntungan Galangan	1,995,961,362.41	Rp
	2	Biaya Untuk Inflasi (Watson, 1998)		
		<i>2% dari biaya pembangunan awal</i>		
		Biaya Inflasi	199,596,136.24	Rp
	3	Biaya Pajak Pemerintah (Watson, 1998)		
		<i>10% dari biaya pembangunan awal</i>		
		Biaya pajak Pemerintah	997,980,681.21	Rp
		Total Biaya Koreksi Keadaan Ekonomi	3,193,538,179.86	Rp

Sumber: Watson, 1998

Berdasarkan Tabel V.5 dilakukan perhitungan koreksi biaya pembangunan harga kapal sebesar Rp 3,193,538,179.86 sehingga didapatkan total harga kapal adalah **Rp 13,173,344,991.91**.

V.2. Perhitungan Estimasi *Break Even Point* (BEP)

V.2.1. Biaya Operasional

Biaya operasional merupakan biaya yang harus dikeluarkan *owner* kapal secara rutin. Pada Tugas Akhir ini, perhitungan biaya operasional ditentukan untuk biaya rutin yang harus dikeluarkan *owner* kapal setiap tahun. Beberapa faktor yang mempengaruhi besarnya biaya operasional di antaranya biaya perawatan kapal, asuransi, gaji kru kapal, cicilan pinjaman bank, *port charges*, serta biaya bahan bakar. Untuk lebih jelasnya, nominal biaya operasional KMP TWINS dapat dilihat pada Tabel V.6 berikut ini.

Tabel V.6 Rincian Biaya Operasional

Operational Cost		
Building Cost	Rp 13,173,344,992	
Biaya Perawatan		
<i>Diasumsikan 40% dari keuntungan kotor</i>		
Total maintenance cost	Rp 1,495,296,000	per tahun
Asuransi		
<i>Diasumsikan 2% (Watson, 1998)</i>		

Biaya asuransi	Rp	74,764,800	per tahun
Gaji Komplemen Kapal			
Jumlah komplemen kapal		15	orang
Gaji komplemen kapal per bulan	Rp	3,500,000	per orang
Gaji komplemen kapal per tahun	Rp	42,000,000	per orang
Gaji Total Komplemen	Rp	630,000,000	
Bahan Bakar Diesel			
Asumsi Operasional Diesel		2.5	jam/hari
Kebutuhan Bahan Bakar		19.60	liter/jam
Harga bahan bakar	Rp	5,150	per liter
Harga bahan bakar	Rp	252,337.28	per hari
Harga bahan bakar	Rp	7,570,118	per bulan
Harga bahan bakar	Rp	90,841,420.40	per tahun
Bahan Bakar Hidrogen			
Asumsi Operasional Hidrogen		2.5	jam/hari
Kebutuhan Bahan Bakar		0.09	kg/trip
Harga bahan bakar	Rp	150,000	per kg
Harga bahan bakar	Rp	67,617	per hari
Harga bahan bakar	Rp	2,028,498	per bulan
Harga bahan bakar	Rp	24,341,973	per tahun
Fresh Water			
Konsumsi Air Tawar		1997	liter/tahun
Harga Air Tawar	Rp	315,79	/liter
Total biaya air tawar	Rp	630,671	/tahun
Port Charges			
GT kapal		295	GT
Dermaga Ujung			
1. Biaya labuh	Rp	1,631	/call
2. Biaya Tambat	Rp	1,046	/call
3. Biaya Pandu Variabel	Rp	8,270	/call
Total Biaya	Rp	10,947	/call
Pelabuhan Kamal			
1. Biaya labuh	Rp	1,631	/call
2. Biaya Tambat	Rp	1,046	/call
3. Biaya Pandu Variabel	Rp	8,270	/call
Total Biaya	Rp	10,947	/call
Total (Ujung-Kamal)	Rp	21,894	/RTD
	Rp	86,699,144	/tahun

Tabel V.7 Total Biaya Operasional

OPERATIONAL COST			
Biaya Perawatan	Rp	1,495,296,000	per tahun
Asuransi	Rp	74,764,800	per tahun
Gaji Komplemen Kapal	Rp	630,000,000	per tahun
Bahan Bakar Diesel	Rp	90,841,420.40	per tahun
Bahan Bakar Hidrogen	Rp	24,341,973	per tahun
Fresh Water	Rp	630,671	per tahun
Port Charges	Rp	86,699,144	per tahun
TOTAL	Rp	2,402,574,008	per tahun

Dari Tabel V.7 dapat disimpulkan bahwa total pengeluaran setiap tahun untuk biaya perawatan, asuransi, gaji komplemen kapal, bahan bakar, *fresh water*, serta biaya *port charges* adalah sebesar **Rp 2,402,574,008**.

V.2.2. Perencanaan *Trip* Kapal

KMP TWINS diperkirakan mampu melakukan *trip* sebanyak 10 kali dalam sehari. Hal itu didasarkan pada perencanaan operasional yang sudah dijelaskan pada sub bab IV.2 dengan durasi setiap kali *trip* membutuhkan waktu 30 menit. Durasi perjalanan tersebut didapatkan dari perhitungan antara akumulasi jarak dengan kecepatan dinas KMP TWINS.

Sementara itu, sama halnya dengan jalur penyeberangan yang lain, jalur penyeberangan Ujung Kamal juga tidak sepanjang tahun dibanjiri pengguna jasa penyeberangan. Ada kalanya pengguna jasa penyeberangan mengalami *peak seasons* yakni pada bulan Juli dan Januari disaat musim liburan sekolah, dan *normal seasons* pada bulan selain Juli dan Januari. Oleh karena itu, perencanaan *trip* untuk KMP TWINS dibagi menjadi dua kategori. Pada bulan-bulan ramai pengguna jasa, jumlah *trip* KMP TWINS dalam sehari direncanakan 15 kali. Sementara saat musim normal pengguna jasa, maka jumlah *trip* KMP TWINS dalam sehari hanya 10 kali. Untuk lebih jelasnya, jumlah trip KMP TWINS dalam satu tahun dapat dilihat pada Tabel V.8 berikut ini.

Tabel V.8 Jumlah *Trip* KMP TWINS

Perencanaan Trip			
Bulan	Trip per Hari	Jumlah Hari	Trip per Bulan
Januari	15	31	465
Februari	10	28	280
Maret	10	31	310
April	10	30	300
Mei	10	31	310
Juni	10	30	300
Juli	15	31	465
Agustus	10	31	310
September	10	30	300
Oktober	10	31	310
November	10	30	300
Desember	10	31	310
Perencanaan Trip dalam 1 Tahun			3960

V.2.3. Perhitungan Pendapatan Tahunan

Penentuan harga tiket kapal mengacu pada harga tiket penyeberangan Ujung-Kamal dari KMP TWINS dapat dilihat pada Tabel V.9 berikut.

Tabel V.9 Perencanaan Harga Tiket KMP TWINS

Perencanaan Harga Tiket 1 Kali Trip					
Muatan	Jumlah	Harga Tiket		Pendapatan	
Penumpang	90	Rp	3,500	Rp	315,000
Motor	64	Rp	5,000	Rp	320,000
Mobil	6	Rp	32,500	Rp	195,000
Truk	2	Rp	57,000	Rp	114,000
Total Pendapatan 1 kali Trip				Rp	944,000
Total Pendapatan 1 Tahun				Rp	3,738,240,000

Dengan harga tiket yang direncanakan pada Tabel V.9, maka diperoleh total pendapatan per tahun yaitu Rp 3,738,240,000.

V.2.4. Estimasi Keuntungan Bersih

Setelah melakukan perhitungan biaya operasional dan perencanaan jumlah *trip* dalam satu tahun serta menentukan harga tiket, maka didapatkan estimasi keuntungan bersih yang terangkum dalam Tabel V.10 berikut ini.

Tabel V.10 Estimasi Keuntungan Bersih

Item	Nominal	
Biaya Investasi	Rp	13,173,344,991.91
Modal Bank 70%	Rp	9,221,341,494.34
Hutang perbulan bunga 12.5%	Rp	19,211,128.11
Keuntungan kotor	Rp	3,738,240,000.00
Biaya Operasional	Rp	2,402,574,008.37
Biaya Tak terduga 5 %	Rp	186,912,000.00
Pajak penghasilan Usaha 25%	Rp	934,560,000.00
Keuntungan Bersih	Rp	194,982,863.52

Dari Tabel V.10 dapat dilihat bahwa keuntungan bersih yang didapat selama satu tahun diestimasikan sebesar Rp 194,982,863.52. Modal bank yang digunakan berasal dari BNI sebesar 70% dengan bunga hutang perbulan 12.5%.

V.2.5. Estimasi Perhitungan *Break Even Point* (BEP)

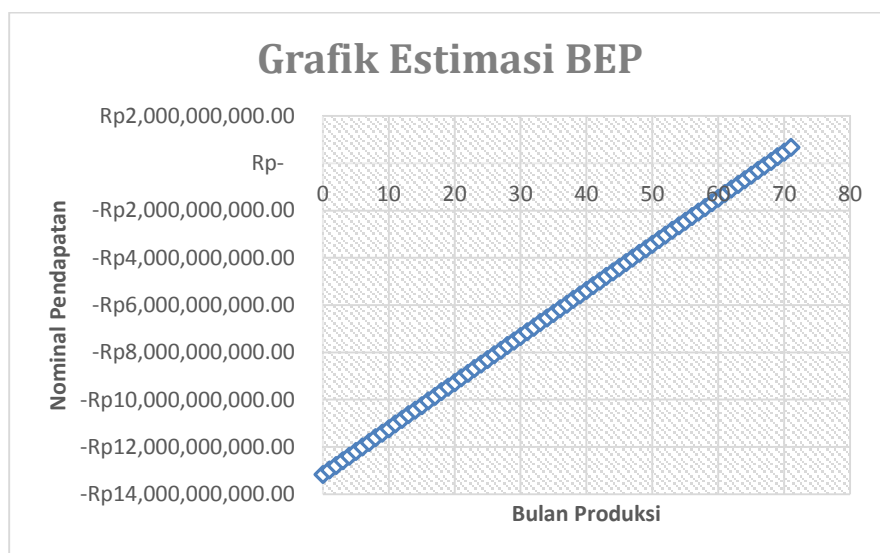
Dari perhitungan pada sub Bab V.1 didapatkan biaya estimasi pembangunan KMP TWINS yaitu sebesar Rp. 13,173,344,991.91 dan pada sub bab V.2.4 didapat estimasi keuntungan bersih dalam satu tahun yaitu Rp 194,982,863.52. Sehingga dapat diestimasikan kapan tahun terjadinya *break even point*. Dalam kondisi idealnya semakin cepat terjadinya BEP semakin baik, namun dalam realitanya kondisi terjadinya BEP cenderung memakan waktu yang lama berbanding lurus dengan biaya operasional yang dikeluarkan.

Tabel V.11 Estimasi BEP KMP TWINS

Bulan ke	Nominal	
0	-Rp	13,173,344,991.91
1	-Rp	12,978,362,128.40
2	-Rp	12,783,379,264.88
3	-Rp	12,588,396,401.37
4	-Rp	12,393,413,537.85
5	-Rp	12,198,430,674.33
6	-Rp	12,003,447,810.82
7	-Rp	11,808,464,947.30
8	-Rp	11,613,482,083.79
9	-Rp	11,418,499,220.27
10	-Rp	11,223,516,356.75
11	-Rp	11,028,533,493.24
12	-Rp	10,833,550,629.72
13	-Rp	10,638,567,766.21
14	-Rp	10,443,584,902.69

15	-Rp	10,248,602,039.18
16	-Rp	10,053,619,175.66
17	-Rp	9,858,636,312.14
18	-Rp	9,663,653,448.63
19	-Rp	9,468,670,585.11
20	-Rp	9,273,687,721.60
21	-Rp	9,078,704,858.08
22	-Rp	8,883,721,994.56
23	-Rp	8,688,739,131.05
24	-Rp	8,493,756,267.53
25	-Rp	8,298,773,404.02
26	-Rp	8,103,790,540.50
27	-Rp	7,908,807,676.98
28	-Rp	7,713,824,813.47
29	-Rp	7,518,841,949.95
30	-Rp	7,323,859,086.44
31	-Rp	7,128,876,222.92
32	-Rp	6,933,893,359.41
33	-Rp	6,738,910,495.89
34	-Rp	6,543,927,632.37
35	-Rp	6,348,944,768.86
36	-Rp	6,153,961,905.34
37	-Rp	5,958,979,041.83
38	-Rp	5,763,996,178.31
39	-Rp	5,569,013,314.79
40	-Rp	5,374,030,451.28
41	-Rp	5,179,047,587.76
42	-Rp	4,984,064,724.25
43	-Rp	4,789,081,860.73
44	-Rp	4,594,098,997.21
45	-Rp	4,399,116,133.70
46	-Rp	4,204,133,270.18
47	-Rp	4,009,150,406.67
48	-Rp	3,814,167,543.15
49	-Rp	3,619,184,679.64
50	-Rp	3,424,201,816.12
51	-Rp	3,229,218,952.60
52	-Rp	3,034,236,089.09
53	-Rp	2,839,253,225.57
54	-Rp	2,644,270,362.06
55	-Rp	2,449,287,498.54
56	-Rp	2,254,304,635.02
57	-Rp	2,059,321,771.51
58	-Rp	1,864,338,907.99

59	-Rp	1,669,356,044.48
60	-Rp	1,474,373,180.96
61	-Rp	1,279,390,317.44
62	-Rp	1,084,407,453.93
63	-Rp	889,424,590.41
64	-Rp	694,441,726.90
65	-Rp	499,458,863.38
66	-Rp	304,475,999.87
67	-Rp	109,493,136.35
68	Rp	85,489,727.17
69	Rp	280,472,590.68
70	Rp	475,455,454.20
71	Rp	670,438,317.71



Gambar V.1 Grafik Estimasi BEP

Dari Tabel V.11 dapat ditarik kesimpulan bahwa BEP akan terjadi pada tahun ke-6 atau bulan ke-68 operasional Kapal Motor Penyeberangan dengan estimasi pengambilan keuntungan bersih sebesar Rp 194,982,863.52 per tahun. Sehingga dari Tabel V.11 dapat digambarkan dengan grafik pada Gambar V.1.

V.2.6. Perhitungan *Net Present Value* (NPV)

NPV merupakan selisih antara pengeluaran dan pemasukan yang telah didiskon dengan menggunakan *social opportunity cost of capital* sebagai diskon faktor, atau dengan kata lain

merupakan arus kas yang diperkirakan pada masa yang akan datang yang didiskonkan pada saat ini. NPV Kapal Motor Penyeberangan dapat dilihat pada Tabel V.12 berikut ini.

Tabel V.12 NPV KMP TWINS

Tahun	Cash Flow			Comulative
	Cash Inflow	Cash Outflow	Net Cashflow	
0	-13,173,344,991.91		-13,173,344,992	-13,173,344,992
1	3,738,240,000.00	2,402,574,008	6,140,814,008	-7,032,530,984
2	3,738,240,000.00	2,402,574,008	6,140,814,008	-891,716,975
3	3,738,240,000.00	2,402,574,008	6,140,814,008	5,249,097,033
4	3,738,240,000.00	2,402,574,008	6,140,814,008	11,389,911,042
5	3,738,240,000.00	2,402,574,008	6,140,814,008	17,530,725,050

Bunga Bank = 10%

NPV = Rp 2,095,342,388

IRR = 13%

Karena nilai NPV > 0, maka investasi proyek ini **LAYAK** dilakukan.

V.2.7. Perbandingan Harga Tiket

Untuk mengetahui nilai investasi dari KMP TWINS ini, maka harus dilakukan perbandingan nilai keuntungan antara Kapal Motor Penyeberangan yang sudah beroperasi di Ujung-kamal dengan Kapal Motor Penyeberangan Hibrida. Untuk perbandingan harga tiket dapat dilihat pada Tabel V.13 berikut ini.

Tabel V.13 Perbandingan Harga Tiket

Harga Tiket KMP TWINS		
Muatan	Harga Tiket	
Penumpang	Rp	3,500
Motor	Rp	5,000
Mobil	Rp	32,500
Truk	Rp	57,000
Harga Tiket KMP EXISTING		
Muatan	Harga Tiket	
Penumpang	Rp	5,000
Motor	Rp	7,000
Mobil	Rp	46,500
Truk	Rp	81,500

Dari rincian harga tiket pada Tabel V.13 di atas, tampak jelas bahwa harga tiket untuk Kapal Motor Penyeberangan Hibrida 30% lebih murah dibandingkan dengan Kapal Motor Penyeberangan *existing*.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

VI.1. Kesimpulan

Setelah dilakukan percobaan dan penelitian maka kesimpulan dari Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Penentuan ukuran utama KMP TWINS berdasarkan jumlah pengguna jasa dari Penyeberangan Ujung-Kamal. Dari data tersebut, kemudian dibuat *layout* awal dan didapatkan *payload* 148 Ton.

Ukuran Utama KMP TWINS yang didesain yaitu:

- Lpp (Panjang) = 42 m
 - B (Lebar) = 6.9 m
 - H (Tinggi) = 3 m
 - T (Sarat) = 2 m
2. Desain Kapal Motor Penyeberangan dengan sistem penggerak hibrida untuk rute Ujung Surabaya-Kamal Bangkalan bisa menghemat konsumsi bahan bakar, di mana kebutuhan gas H₂ per *trip* adalah 0.09 kg/*trip* (1 kg gas hidrogen dengan isi 40 L bisa untuk pemakaian 11 kali *trip*) serta tidak menimbulkan emisi gas buang pada saat pemakaian bahan bakar hidrogen. Sedangkan 54 unit panel surya dapat menghasilkan daya listrik sebesar 18 kW dengan waktu pengisian baterai selama 3 jam sehingga menghasilkan daya listrik total sebesar 54 kWh yang dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan listrik di kapal untuk 2 kali *trip*.
 3. Desain *Lines Plan*, *General Arrangement*, *Safety Plan*, dan *3D Model* telah dibuat dan dilampirkan pada Lampiran C.
 4. Berdasarkan Analisis Ekonomis yang dilakukan, didapatkan biaya investasi pembangunan KMP TWINS sebesar Rp 13,173,344,991.91. Nilai investasi kelayakan pembangunan kapal sebesar 13% dengan harga tiket 30% lebih murah dibandingkan dengan Kapal Motor Penyeberangan yang sudah beroperasi di Ujung-Kamal.

VI.2. Saran

1. Perlu adanya tinjauan lebih rinci terhadap aspek konstruksi dan kekuatan Kapal Motor Penyeberangan, mengingat pada Tugas Akhir ini masih banyak digunakan perhitungan secara pendekatan.
2. Perlu dibuat permodelan 3D yang lebih presisi dan lebih mendetail terkait *fuel system configuration* maupun peralatan dan perlengkapan yang tersedia pada kapal.
3. Serta diharapkan adanya perhitungan & analisis ekonomis yang riil terhadap anggaran pembangunan KMP TWINS sehingga kapal ini dapat direalisasikan dan dapat menjadi solusi pengurangan emisi gas buang dan hemat BBM di Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- Alibaba. (2016). *Electrical Equipment*. Retrieved April 26, 2017 from Alibaba web site: www.alibaba.com
- ASDP. (2017). *Tarif Penyeberangan Ujung Kamal*. Retrieved April 26, 2017 from ASDP web site: <https://www.indonesiaferry.co.id/ind/index.php>
- Aqua Watt. (2012, Januari 3). *Elektro inbord motor*. Retrieved April 26, 2017 from Aqua Watt web site: www.aquawatt.at
- Department of Naval Architecture and Shipbuilding Engineering ITS. (2009). Lecture Handout. *Ship Resistance and Propulsion*. Jakarta: Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).
- Fuel Cell Today. (2012). *The Fuel Cell Industry Review 2012*. Royston: Fuel Cell Today.
- Google. (2017). *Google Maps*. Retrieved July 11, 2017 from Google web site: www.googlemaps.co.id
- Harvald, S.S. (1983). *Resistance and Propulsion of Ships*. New York: John Wiley and Sons.
- International Maritime Organization (IMO). (Consolidated Edition 2009). *International Convention for the Safety of Life at Sea, 1974, as amended (SOLAS 1974)*. London: IMO Publishing.
- Kementerian Energi Sumber Daya dan Mineral (ESDM). (2012). *Pusat Data dan Informasi Energi dan Sumber Daya Mineral*. Jakarta.
- Kementerian Keuangan. (2015). *Menggagas Pajak Emisi Gas Buang*. Retrieved December 18, 2016 from Kementerian Keuangan web site: <http://www.kemenkeu.go.id/Artikel/menggagas-pajak-emisi-gas-buang>
- Kementerian Perhubungan. (2009). *Standar Kapal Non-Konvensi Berbendera Indonesia*. Jakarta.
- Kharismarsono, I.H.A. (2017). Tugas Akhir. *Desain Kapal Destilator rude Oil untuk Wilayah Perairan Laut Jawa*. Surabaya, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Kompas. (2016). *Pengertian Solar Panel dan Cara Kerja*. Retrieved November 13, 2016 from Kompas web site: http://www.kompasiana.com/evadayat/pengertian-solar-panel-dan-cara-kerjanya_54f4201f7455137d2b6c86f7
- Kurniawati, H.A. (2013). Lecture Handout. *Statutory Regulation*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).
- Lewis, Edward V. (1988). *Principle of Naval Architecture* (2nd ed., Vol. 2). SNAME: Jersey City.
- Marine Propulsion Diesel Engine. (2016). Catalogue. *YANMAR Marine Diesel Engine*. Japan.
- Matabaraja. (2014). *Metode Forecasting atau Peramalan*. Retrieved June 12, 2017 from Matabaraja web site: <http://www.matabaraja.com/2014/12/pengertian-dan-metode-peramalan.html>
- Mustofa, Ali. (2015). Tugas Akhir. *Desain Public Catamaran Boat Dengan Sistem Penggerak Hybrid Pada Destinasi Wisata Kepulauan Raja Ampat Bagian Utara*. Surabaya, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Nicon Steel. (2017). *Harga Baja Kapal*. Retrieved June 10, 2017 from Nicon Steel web site: jual-kawat-las.co.id/2017/01/harga-plat-kapal.html
- Parsons, M. G. (2001). *Parametric Design* (Chapter 11). Michigan, University of Michigan.
- Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia No 115. (2016). *Tatacara Pengangkutan Kendaraan di Atas Kapal*. Jakarta.

- Perpres No 29. (2012). *Lampiran VI MARPOL 73/78 Peraturan Tentang Pencegahan Pencemaran Udara dari Kapal*.
- Prasetyo, Lukky. (2015). Tugas Akhir. *Desain Eco-Friendly Boat Dengan Sumber Energi Hydrogen Fuel Cell Untuk Wisata Kali Mas Surabaya*. Surabaya, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Rawson, K.J. and Tupper, E.C. (2001). *Basic Ship Theory* (5th ed., Vol. 1). Oxford: Butterworth-Heinemann.
- Riadi.(2013). *Fuel Cells*. Retrieved November 12, 2016 from Kajian Pustaka web site: <http://www.kajianpustaka.com/2013/10/fuel-cell.html>
- Rohmadhana, Febriani. (2016). Tugas Akhir. *Analisis Teknis dan Ekonomis Konversi Landing Craft Tank (LCT) Menjadi Kapal Motor Penyeberangan (KMP) Tipe Ro-ro untuk Rute Ketapang (Kabupaten Banyuwangi) – Gilimanuk (Kabupaten Jember)*. Surabaya, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Shipping Line Indonesia. (2016). *Ujung Kamal Tutup Buku Buka Sejarah*. Retrieved December 18, 2016 from shipping line indonesia web site: <http://shippinglineindonesia.com/index.php/2016/03/03/ujung-kamal-tutup-buku-buka-sejarah/>
- Schneekluth, H., & Betram, V. (1998). *Ship Design for Efficiency and Economy* (2nd). Oxford: Plant A Tree.
- Watson, D. (1998). *Practical Ship Design* (Vol. 1). (R. Bhattacharyya, Ed.) Oxford: Elsevier.

LAMPIRAN A

PERHITUNGAN TEKNIS

Koreksi Ukuran Utama dan Perhitungan Koefisien					
Ukuran Utama Sementara					
Lpp	=	42.00	m		
B	=	6.90	m	1 knot =	0.5144 m/s
T	=	2.00	m	g =	9.81 m/s ²
H	=	3.00	m	ρ =	1.025 ton/m ³
Vs	=	10	Knot		1025 kg/m ³
	=	5.144	m/s		
Lwl	=	104% · Lpp			
	=	43.680	m		
Perhitungan Froude Number					
ρ	=	1.025	ton/m ³		
Fn ₀	=	$\frac{Vs}{\sqrt{g \cdot L}}$			
		5.14			
	=	$\sqrt{9.81 \times 43.680}$			
	=	0.248		(Principle of Naval Architecture Vol. II hal. 90)	
syarat Fn	=	Fn ≤ 0,35			
Perbandingan Ukuran Utama					
L/B	=	6.09	5.3 < L/B < 8	Diterima	(PNA Vol. II hal. 90)
B/T	=	3.45	3.2 < B/T < 4	Diterima	(PNA Vol. II hal. 90)
L/T	=	21.00	10 < L/T < 30	Diterima	(PNA Vol. I hal. 19)
L/16	=	2.63	H > L/16	Diterima	(BKI Vol. II sec. 1 2006)
Perhitungan Koefisien dan Ukuran Utama Lainnya					
Koefisien Blok (Watson & Gilfillan)					
C _B	=	$-4.22 + 27.8 \sqrt{Fn} - 39.1 Fn + 46.6 Fn^3$			(Parametric Ship Design 11-12)
	=	0.637			
Koefisien Luas Midship (Series '60)					
C _M	=	$0.977 + 0.085 (Cb - 0.60)$			(Parametric Ship Design 11-12)
	=	0.980			
Koefisien Prismatic					
C _x	=	C _m			
C _p	=	C _b /C _x			(Parametric Ship Design 11-10)
	=	0.650			
Koefisien Bidang Garis Air					
C _{WP}	=	$Cb / (0.471 + (0.551 \cdot Cb))$			(Parametric Ship Design 11-16)
	=	0.775			
Panjang Garis Air					
L _{WL}	=	104% · Lpp			
	=	43.680	m		
Longitudinal Center of Bouyancy					
a. LCB (%)	=	8.80 - 38.9 · Fn			(Parametric Ship Design 11-19)
	=	-0.867 % Lpp			
b. LCB dari M	=	LCB % / 100 · Lpp			
	=	-0.36 m dari M			
c. LCB dari AP	=	0.5 · LPP - LCBm			
	=	21.36 m dari AP			
d. LCB dari FP	=	Lpp - LCB dari AP			
	=	20.64 m dari FP			
Volume Displasemen					
	=	Lwl · B · T · Cb			
	=	383.97	m ³		
Displasemen					
	=	Lwl · B · T · Cb · ρ			
	=	393.56	ton		

LAMPIRAN B
PERHITUNGAN EKONOMIS

LAMPIRAN C
DESAIN KMP TWINS

BIODATA PENULIS



DWI AGUSTIN dilahirkan di Lumajang, 20 Agustus 1994. Penulis merupakan anak ke-2 dari 2 bersaudara dalam keluarga. Dibesarkan di “Kota Pisang” Lumajang dan menamatkan pendidikan formal tingkat SD di SDN Labruk Lor Lumajang, tingkat SMP di SMPN 1 Lumajang dan tingkat SMA di SMAN 2 Lumajang hingga melanjutkan pendidikan perguruan tinggi di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Penulis diterima di Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan ITS pada tahun 2013 melalui jalur SNMPTN.

Di Departemen Teknik Perkapalan, Penulis mengambil Bidang Studi Rekayasa Perkapalan – Desain Kapal. Selama masa studi di ITS, Penulis aktif berkegiatan di Himpunan Mahasiswa Teknik Perkapalan (HIMATEKPAL) sebagai Sekretaris *Department of Student Affairs* 2014-2015, dan menjadi Kepala Divisi Pelatihan *Department of Student Affairs* 2015-2016. Untuk kepanitiaan dalam acara di Institut antara lain menjadi Koordinator sie Konsumsi Sampanesia SAMPAN 8 ITS tahun 2014, Bendahara di SAMPANESIA 2015. Penulis juga sempat mengikuti beberapa pelatihan, baik pelatihan pembentukan *soft skill* seperti LKMM dan pelatihan yang menunjang kebutuhan akademis selama perkuliahan, seperti pelatihan perangkat lunak AutoCAD dan Maxsurf. Tidak ada yang spesial dari segi prestasi penulis selama masa perkuliahan, kecuali lulus TRG, TDK 1, TDK 2, TDK 3 cukup satu semester di Teknik Perkapalan ITS.

Email: dwi.arian94@gmail.com / dwiagustin.na13@gmail.com

Phone: +62 857 3167 3628